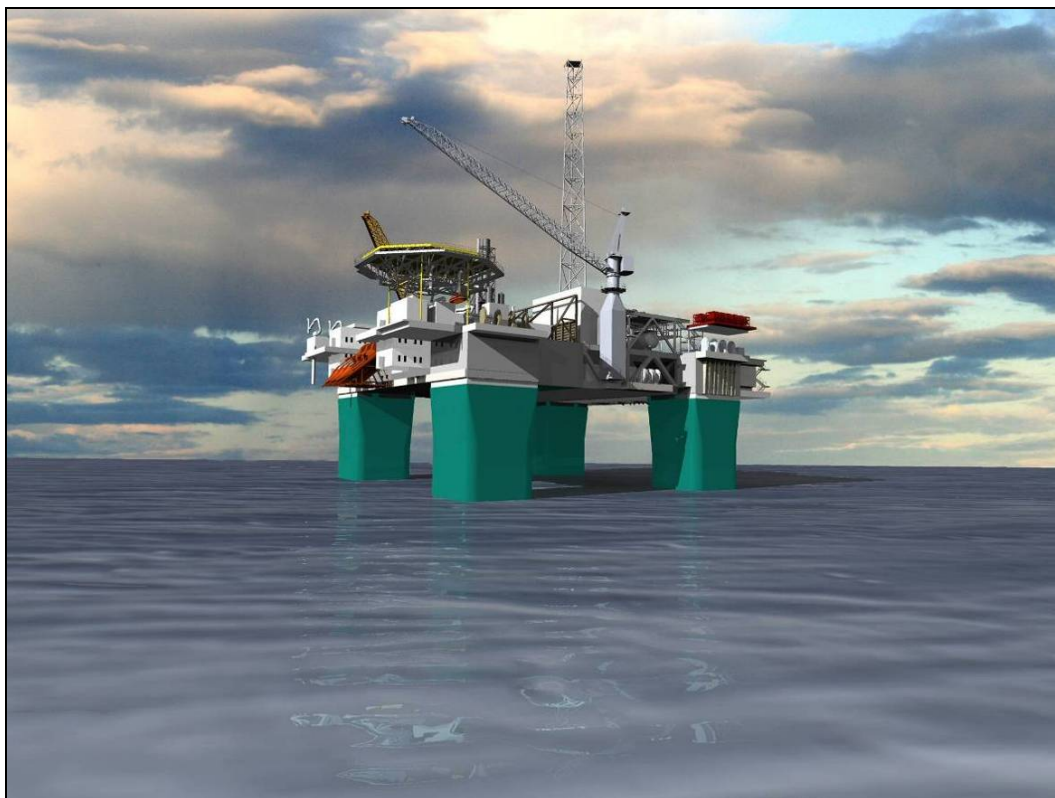




HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Installasjon av brannvannspumpe på Gjøa Semi plattform



BachelorOppgave utført ved

Høgskolen Stord/Haugesund – Studie for ingeniørfag

Maskin, Energi- og Prosesseteknikk

Av: Cathrine Brady
Elena Zhichkina

Kand.nr. 86
Kand.nr. 62

Haugesund

Våren 2009

Innhold

| | |
|--|-----------|
| INNHold | 1 |
| FIGURLISTE | 2 |
| DEL 1 | 3 |
| INNFØRING I PUMPENES VERDEN | 3 |
| PUMPENES ALLMENNE TEORI | 4 |
| OFFSHORE PUMPER OG LEVERANDØRER | 7 |
| EKSISTERENDE BEHOV OG KRAV | 7 |
| <i>Clyde Pumps, Glasgow</i> | 9 |
| Ulectriglide | 9 |
| <i>Sulzer Pumps, Leeds</i> | 11 |
| Diesel-hydraulisk dreven pumpeenhet for brannslukking | 11 |
| <i>Hamworthy</i> | 15 |
| Brannpumpepakker | 15 |
| <i>Bjørge</i> | 17 |
| Eureka brannvannspumper | 17 |
| <i>Frank Mohn AS, Bergen</i> | 22 |
| Pumpepakker | 23 |
| SAMMENLIGNING AV PUMPER | 27 |
| DEL 2 | 28 |
| VALG AV PUMPE | 28 |
| FUNKSJONSBESKRIVELSE AV BRANNVANNSSYSTEMET | 29 |
| TEKNISK BESKRIVELSE AV BRANNVANNSPUMPEN 71PA201 PÅ GJØA SEMI PLATTFORM. | 30 |
| Hovedsystem beskrivelse | 30 |
| Dykkepumpen / motor enhet | 31 |
| Rørsats / kraft overføring..... | 32 |
| Topplate arrangement | 32 |
| Oljesirkulasjonssystemet..... | 33 |
| KREFTER OG LØFTEHØYDE | 35 |
| Sentrifugalkraft | 35 |
| Løftehøyden..... | 37 |
| NPSH..... | 39 |
| Trykk ved pumpeinnløp..... | 39 |
| Beregning av NPSHa..... | 40 |
| Kavitasjon | 41 |
| Hindring av kavitasjon | 42 |
| Sammenligning av NPSHr og NPSHa..... | 43 |
| DEL 3 | 44 |
| REFERANSER | 45 |
| BØKER | 45 |
| DOKUMENTER OG PROGRAM | 45 |
| STANDARDSER..... | 45 |
| INTERNETT..... | 45 |

Figurliste

| | |
|---------------|----|
| FIGUR 1..... | 3 |
| FIGUR 2..... | 4 |
| FIGUR 3..... | 5 |
| FIGUR 4..... | 5 |
| FIGUR 5..... | 5 |
| FIGUR 6..... | 6 |
| FIGUR 7..... | 6 |
| FIGUR 8..... | 6 |
| FIGUR 9..... | 9 |
| FIGUR 10..... | 10 |
| FIGUR 11..... | 11 |
| FIGUR 12..... | 14 |
| FIGUR 13..... | 16 |
| FIGUR 14..... | 17 |
| FIGUR 15..... | 18 |
| FIGUR 16..... | 19 |
| FIGUR 17..... | 21 |
| FIGUR 18..... | 22 |
| FIGUR 19..... | 23 |
| FIGUR 20..... | 24 |
| FIGUR 21..... | 25 |
| FIGUR 22..... | 27 |
| FIGUR 23..... | 30 |
| FIGUR 24..... | 31 |
| FIGUR 25..... | 32 |
| FIGUR 26..... | 33 |
| FIGUR 27..... | 34 |
| FIGUR 28..... | 35 |
| FIGUR 29..... | 36 |
| FIGUR 30..... | 37 |
| FIGUR 31..... | 39 |
| FIGUR 32..... | 41 |
| FIGUR 33..... | 42 |
| FIGUR 34..... | 42 |

Del 1

Innføring i pumpenes verden

Mennesker har brukt redskaper til å løfte vann til et høyere nivå i mer enn 4.000 år. Helt siden Mesopotamia omtrent 2.000 f. Kr. vet man at slike redskap ble brukt. Det første man kjenner til er noe kalt "shaduf". Dette var en balansert vippe som ble brukt til å løfte vann opp fra brønner. Den fungerte som en vektskål med en pose eller bøtte til å holde vannet i den ene enden, og muskelkraft til å løfte i den andre.

Senere ble det utviklet pumper som ligner mer på dem vi kjenner til. Det var en gresk oppfinner og matematiker som utviklet fortrenningspumpen rundt 200 f. Kr, og det finnes noe som heter Arkimedes' skrue.

Etter hvert ble tannhjulspumpen funnet opp på slutten av 1500-tallet, og sentrifugalpumpen på begynnelsen av 1700-tallet. Videreutviklingen av disse pumpene kom ikke før på 1800-tallet grunnet mangel på motorer som kunne drive dem.

Det finnes mange slags pumper til mange ulike formål. For eksempel i olje- og gassindustrien brukes pumper som kan være ganske kraftige og er av relativt store dimensjoner. Men det er selvsagt ikke bare i industrien det blir brukt pumper.

Vi har mange pumper rundt oss i hverdagen som vi sikkert ikke tenker over. Vannet i dusjen og springen må pumpes for å komme dit og kloakken må pumpes bort, man bruker betongpumping når man bygger, det er en pumpe som tilfører drivstoff til bilmotoren, og drivstoffet kommer igjen fra en pumpe på en bensinstasjon. Når en brannmann slukker en brann bruker han en brannpumpe for å spyle vannet, vi pumper trykkluft i bildekkene, vi bruker for eksempel pumpe dersom vi har et akvarie eller en fiskedam, og vi bruker pumpe for å øke trykket til vannet fra en høytrykksspyler. Mange har varmepumper i hjemmene sine, og noen nybakte mødre bruker brystpumpe for å samle opp melk. Vi bruker luftpumpe for å pumpe opp dekkene etter vi har punktert, fotballen med lite luft eller sommerens bademadrass og badeball.

Man bruker også pumpe innen medisin, det finnes for eksempel insulinpumper for diabetikere som skal best mulig etterligne kroppens normale insulinsekresjon. Og ikke minst, hjertet vårt er en veldig viktig og kraftig sirkulasjonspumpe som uavbrutt transporterer blodet rundt i kroppen.



Figur 1

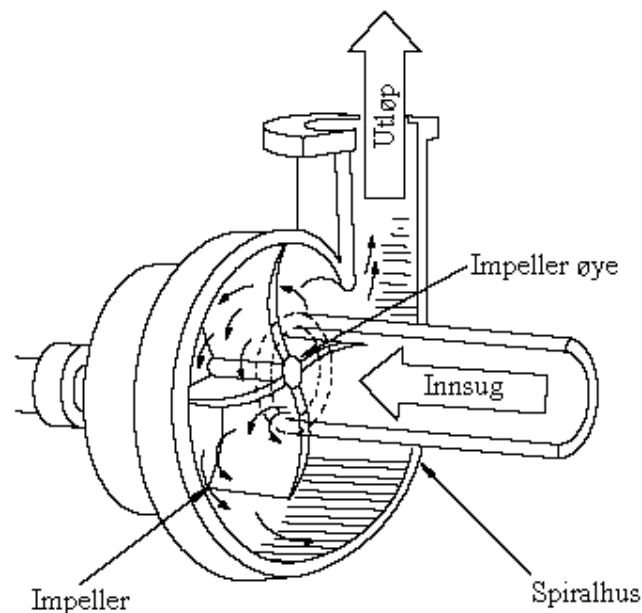
Pumpenes allmenne teori

I all hovedsak blir pumper brukt til å forflytte et fluid eller øke trykket i fluidet, og pumpen blir spesialtilpasset til det fluidet det skal jobbe med. Vi kan si at vi tilfører energi til en pumpe, som igjen overfører den til fluidet.. Vanligvis vil vi hovedsakelig forbinde pumper med forflytting av væsker, men en pumpe kan også jobbe med gass og blir da kalt en kompressor. Vi kan dele pumpene inn i to hovedtyper; sentrifugalpumper og fortrengningspumper.

En sentrifugalpumpe er en rotodynamisk pumpe som er hurtig roterende impeller¹ med krummede plater som er plassert inne i et pumpehus. Væsken blir ført inn til sentrum av impelleren, og presses inntil veggen av pumpehuset på grunn av sentrifugalkraften. Når væsken så treffer veggen vil den miste farten. Den kinetiske energien som vi tilførte væsken blir overført til en kraft. Denne kraften er trykkøkning i væsken. Noe som er typisk for sentrifugalpumper er at dersom de står stille, kan væsken fremdeles passere gjennom pumpen og til og med i motsatt retning av normalretningen.

Vanligvis er ikke en sentrifugalpumpe selvsugende, og de trenger derfor et visst trykk fra væsken på innløpssiden for å fungere. Dette fluidtrykket kaller vi for NPSH².

Sentrifugalpumper har stor leveransemengde i forhold til pumpens størrelse, og de skal være relativt billige. Pumpene er heller ikke særlig følsomme for erosjon vist man sammenligner med andre pumpetyper. Sentrifugalpumper blir ofte brukt til å transportere væsker i rør, og er den mest brukte pumpetypen i prosessindustrien.



Figur 2

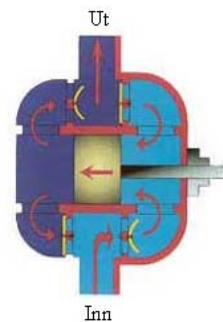
¹ Løpehjul

² Net Pressure Suction Height

Fortrengningspumper fungerer på en slik måte at væsken ved innløpet kommer inn i et kammer som så lukkes. Fluidet blir stengt inne i et avgrenset volum, for så å bli presset ut igjen i utløpet til pumpa. Denne prosessen skjer oftest fortløpende og kan tilnærmet bli betraktet som en kontinuerlig volumstrøm. Står en fortrengningspumpe stille, kan ikke heller væsken passere gjennom pumpen.

Fortrengningspumper brukes der hvor man har håndterer spesielt krevende fluid, der man trenger presis dosering eller der man har behov for høye trykk men beskjedne mengder. Pumpene foretrekkes også fremfor sentrifugalpumper når væsken har høy viskositet. Pumpene finnes i mange ulike varianter, vi har stempelpumper, tannhjulspumper, skruerpumper, peristaltiske pumper og membranpumper. Den enkleste typen av disse er stempelpumpen.

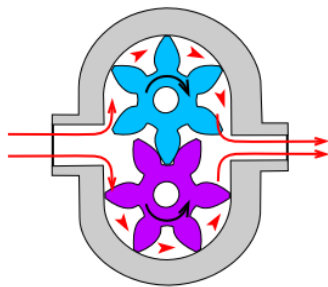
En stempelpumpe består helt enkelt av en eller flere sylindrer, et stempel, en innløpsventil og en utløpsventil. Når stempelet beveger seg og volumet i sylindren øker, synker trykket inne i pumpa. Den væsken som skal pumpes vil dermed bli sugd inn pumpa, fordi trykket på utsiden er høyere. Når stempelet beveger seg i motsatt retning, vil væsken bli presset ut av sylindren og gjennom utløpsventilen.



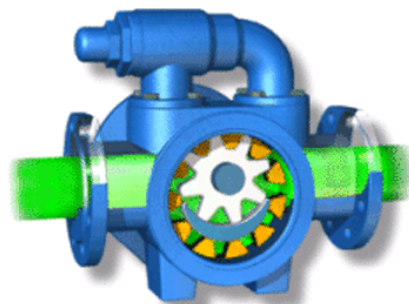
Figur 3

En tannhjulpumpe har ett eller flere tannhjul som transporterer væsken. Volumet mellom tennene i tannhjulene fanger væsken og presser den ut ved utløpet av pumpen. For at væsken ikke skal kunne strøme tilbake til innløpet skal det ikke være klaring mellom tannhjulene.

Denne typen pumpe er mye brukt når væsken som skal transporteres har høy viskositet, som for eksempel i hydrauliske systemer. De er veldig vanlige i oljepumper i bilmotorer. Sammenlignet med en sentrifugalpumpe har tannhjulspumpen relativt liten kapasitet.

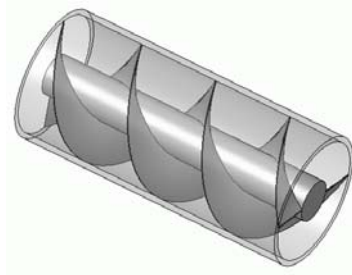


Figur 4



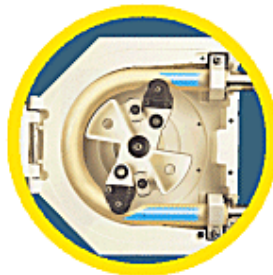
Figur 5

En skruepumpe kan transportere væsker med både høy og lav viskositet. Prinsippet er i grunn som for en vanlig treskrue, den har "gjenger" og roterer slik at væsken blir skjøvet oppover. Den er omtrent 10 ganger så lang som den er bred. Akselen passer inni en slitesterk gummiforing. Denne type pumper kan oppnå veldig høyt trykk ved ganske små volum.



Figur 6

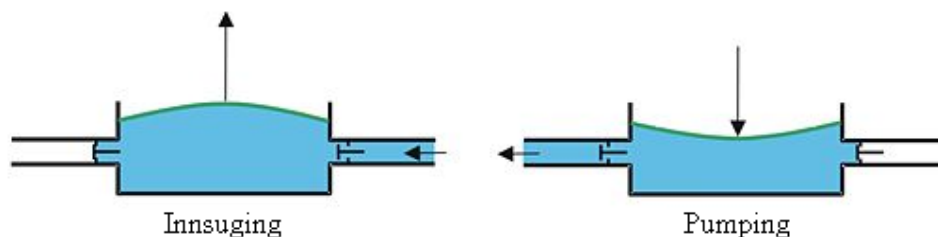
En peristaltisk pumpe består av et fleksibelt rør inne i et sirkulært pumpehus. En rotor med to eller flere ruller trykker mot det fleksible røret og stenger et lite volum inne i røret. Når rullene roterer blir væsken tvunget gjennom røret. Denne typen pumper kan brukes på flere ulike væsker, og den er oftest brukt når man har behov for svært nøyaktig dosering.



Figur 7

En membranpumpe bruker en kombinasjon av en vekslende virkning av gummi, termoplast eller teflon membran og passende tilbakeslagsventiler for å pumpe en væske. Det er et kammer innenfor membranen der væsken går gjennom, og når membranen beveger seg oppover fungerer den som en sugepropp og væsken blir dratt inn i kammeret. Tilbakeslagsventilen forhindrer væsken i å gå tilbake samme veien den kom, så når membranen blir presset nedover blir væsken skjøvet ut i andre enden. Denne vekslingen gjentas, og væsken strømmer gjennom.

Denne typen pumper kan brukes på væsker med høy viskositet, og de kan håndtere slam og leire med en god mengde sand og stein. Pumpene kan være opp til 97 % effektive og gode tørrgangsegenskaper. De kan til og med brukes til å lage kunstige hjerter.



Figur 8

Offshore pumper og leverandører

Hva er i utgangspunktet eksisterende behov og krav til brannslukking på Gjøl-plattformen, og hvilken pumpe kan tjene dette behovet? For å finne en løsning må ulike konstruksjoner fra flere leverandørene sammenlignes. Da blir det blant annet lagt vekt på kapasitet, materialvalg, pålitelighet, kvalitet, etc.

Eksisterende behov og krav

Kapasitetsbehovet beregnes ut fra det største området som skal ha brannvann og det største nærliggende område. Disse kravene står beskrevet i NORSOK standard S-001³. Pumpekurven skal også være i samsvar med NFPA 20⁴.

Brannpumpenes kapasitet skal minimum dekke største område med en pumpe ute av drift, og systemet skal inkludere reservekapasitet for framtidig utvidelse. Installasjonen, bestående av pumpe, driverenhet og styreenhet, skal opptre i samsvar med NFPA 20 som en hel enhet når den er installert eller når komponenter har blitt skiftet ut. Pumpene skal ikke være utstyrt med mer enn én driverenhet.

Hele brannvannspumpeenheten skal testes i felten for korrekt ytelse i samsvar med standarden. Minimum vannivå og tilgjengelig løftehøyde skal bestemmes ved pumping ved minst 150 % av dimensjonert kapasitet, og denne skal inneholde en margin på minst 12 m. Sentrifugalpumper skal være klassifisert ved et nettetrykk på 2,7 bar eller mer.

Brannvannspumpen, driverenheten, kontrollenheten, vanntilførselen og krafttilførselen skal være beskyttet mot mulig driftsstans ved skade forårsaket av for eksempel eksplosjon, brann, vann, vind, frost, vandalisering, og andre omstendigheter. Brannpumper med kapasitet på mindre enn 2.500 m³/h hver skal unngås.

Brannvanns løftepumper løfter vannet for distribusjon på skrogets overdel. For å forhindre begroing i systemet blir vannet klorert med CuCl.

Alle innretninger med overnattingsmuligheter skal ha tilstrekkelig brannvannsforsyning til å bekjempe branner og, om nødvendig, dempe gassekspløsjoner. Permanent bemannede innretninger skal ha brannvannsforsyning fra brannpumper eller annen uavhengig forsyning, og de skal ha tilstrekkelig kapasitet selv om deler av forsyningene er ute av drift.

Brannvannssystemet skal utformes slik at trykkslag ikke setter systemet ut av drift, og pumpene skal være uavhengige for å unngå fellesfeil. Brannpumper skal starte automatisk ved trykkfall i hovedbrannledning og branndeteksjon, de skal kunne startes manuelt fra kontrollrom og lokalt, de skal være utstyrt med to uavhengige startere, og de skal ha færrest mulig automatiske ukoblingsfunksjoner.

³ NORSOK = Norsk Søkkel Konkurransespesisjon, NORSOK S-001 = Technical Safety

⁴ NFPA = National Fire Protection Association, NFPA 20 = Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection

Pumpesystemet skal overleve en brann eller eksplosjon, og hver brannvannspumpe skal være i stand til å operere i minst 18 eller 24 timer uten ekstern forsyning + 2 timers kapasitet for "blackstart". Følgende undersystemer er nødvendige:

- Pumpesystem inkl. trykkstrømregulering
- Kontrollsystem med mulighet for Sone 2⁵ drift
- Elektrisk system
- Kjølesystem for motor, driversystem, pumperom, osv.
- HVAC⁶ i stillstand
- Forbrenningsluftsysteem
- Eksosgasssystem
- Brann- og gassdeteksjon
- Brannbeskyttelse
- AFFF⁷-system (valgfritt)

Dette forklarer hvorfor konteineriserte løsninger gir store fordeler.

Differensial trykk og differensial trykkehøyde skal være tilstrekkelig til å forsikre spesifisert utløpstrykk. Leverandør må gjøre rede for og beregne trykktap i oppstrøms utslipp på hoveddekknivå. Minimum volumstrøm skal være spesifisert av leverandør og bør være satt så lav som mulig.

Systemspenning og frekvens kan bestemmes av leverandør.

Krav til leverandør er blant annet at de er registrert i Achilles og at de er godkjent for å produsere etter NORSOK.

Det anbefales at hvert pumpesystem består av 2x50 % pumpeenheter, med mindre det kan vises at andre løsninger har tilsvarende eller høyere sikkerhetsnivå. Konfigurasjonen valgt for Gjøa for brannvannspumpene er 4x50 % systemer. Hver pumpe med motor vil bli nedsenket, og befinne seg i en caisson.

Designet skal være basert på en sjøvannstemperatur på 11 °C. Veggtemperaturen på vannsiden i varmevekslerne skal ikke overskride 55 °C uansett for å unngå avskalling.

Noen av de som leverer brannvannspumper og brannvannspumpepakker for offshore installasjoner er blant annet bedrifter som Clyde Pumps (Skottland), Sulzer Pumps (Sveits), S&D Worldwide Enterprises (USA), Hamworthy (England), Little Horse (Frankrike), Hayward Tyler (England), Bjørge (Norge), Dynapumps (Australia), Peerless Pump (USA) og Frank Mohn (Norge). De som kan være aktuelle for Gjøa, får en litt nærmere beskrivelse av bedriften og produktene de tilbyr.

⁵ Soner: Eksplosjonsfarlige områder deles inn i 3 soner ut fra hvor stor sannsynlighet det er for at eksplosive gasser er til stede. Sone 2: Områder hvor vi må regne med at det bare unntaksvis og kortvarig forekommer en eksplosiv blanding av brennbar gass, damp eller svevende væskedråper.

⁶ HVAC = Heating, Ventilation, Air Conditioning & Cooling

⁷ AFFF = Aqueous Film-Forming Foam

Clyde Pumps, Glasgow

Bedriften produserer pumper og leverer installasjoner rund om i hele verden. Clyde Pumps er dyktige på pumpeteknologi, hydraulisk design og engineering. De kan levere optimale pumper for nesten hvilken som helst bruk og hvor som helst i verden.

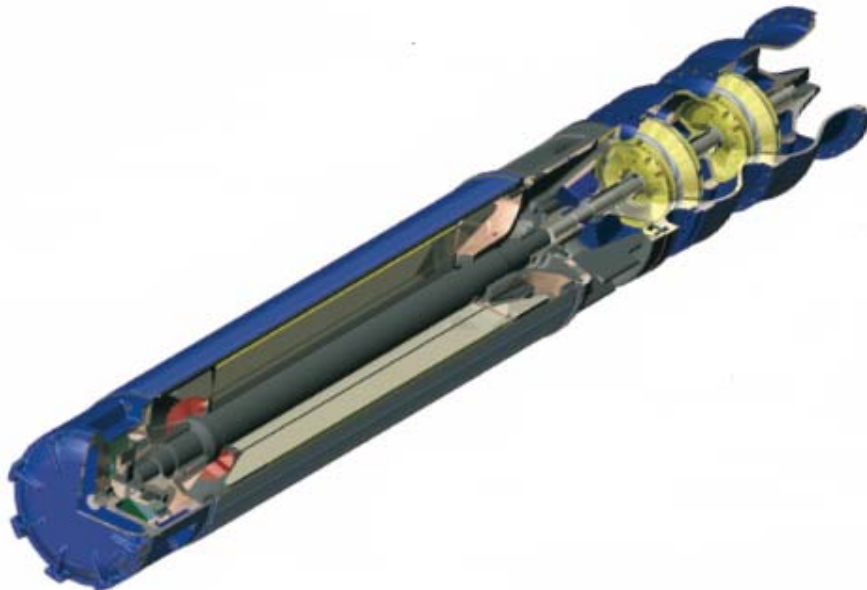
De opererer i kategorier som kraft, oppstrøms olje, nedstrøms olje, industri og vann. Innenfor vannpumper produserer de ettrinns- og totrinns pumper, flertrinns pumper og spesialiserte pumper.

Ulectriglide

Clyde Pumps har et utvalg av Ulectriglide nedsenkbare, motordrevne pumpesett som kan brukes til mange varierende formål. Det avanserte designet med flere unike egenskaper gjør den spesielt egnet til offshore sjøvannsløfting der pålitelighet og tilgjengelighet er avgjørende.

Offshore oljeindustri krever høy kvalitet og pålitelig utstyr for å sikre kontinuerlig og uforstyrrende drift. I denne industrien har Ulectriglide påvist oppnådde resultater i å møte kravene til de anstrengende bruksområdene i noen av jordens mest ugjestmilde omgivelser. Fra iskaldt vann i Nordsjøen og Canadas Grand Banks til varmere vann i den arabiske golfen har Ulectriglide levert sjøvann til offshore plattformer siden 1973.

Den spesialiserte pumpen er nedsenkbar og motordreven brukt til sjøvanns- og brannvannspumper for offshore plattformer. Pumpen har høy effektivitet og pålitelighet, og pumpesettet består av ettrinns- eller flertrinns nedsenket sentrifugalpumpe, direkte koblet til en nedsenket, vannfylt trommelhjulmotor som blir spesialdesignet for det individuelle formål. Denne motoren er støttet av et stigerør som leverer vann til plattformen. Dette røret er vanligvis levert i duplex eller super duplex rustfritt stål. Både pumpe og motor kan produseres i flere materialer, avhengig av vannkvalitet og temperatur.



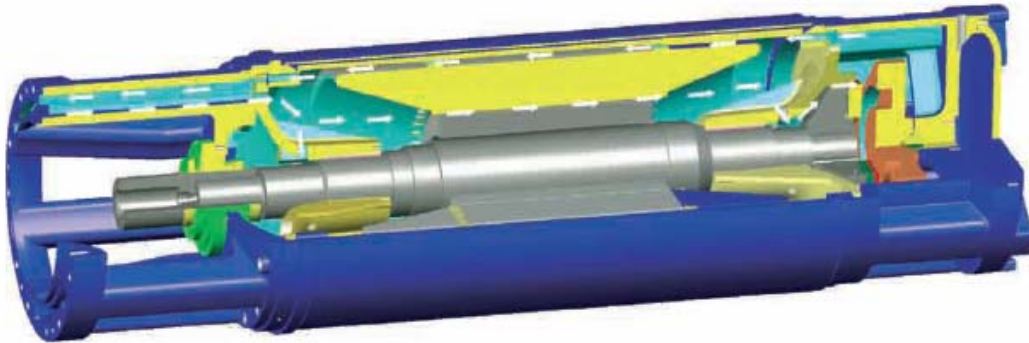
Figur 9

Pumpen har lav livskostnad, er lett og raskt montert og kan installeres i hvilken som helst vinkel mellom vertikal og horisontal, forutsatt at pumpeenden ikke er under motorenden. Den er stille i drift og sikker mot flom. Pumpekonstruksjonen har ingen deler som stikker ut, så den er glatt på utsiden. Ulectriglide kan leveres med høy pumpeeffektivitet for energibevaring.

Pumpesettet har vannsmurt, karbonladet PTFE⁸-trykk og radiallager. Den mekaniske forseglingen er tilpasset den utvendige diameteren av koblingen for lettere vedlikehold. Motoren er vannfylt og miljøvennlig, og for å sikre pålitelig kraftoverføring er det krympetilpasset kobling mellom pumpen og motoren. For å sikre maksimum stivhet og å forhindre sjøvannsinntrengning er det en mekanisk koblet kontakt til motorstang av forseglede rundhodeskruer. Det er også standard mekanisk innleggstetning, og for lettere installasjon og vedlikehold er det kabel utvendig for stigerøret.

Motoren er designet for å gå begge veier, så å stoppe den fallende vannsøylen vil ikke ha noen skadelig effekt på pumpen eller motoren ved motsatt rotasjon. Muligheten for dette utelukker behovet for en nedsenket tilbakeslagsventil over pumpeutløpskummen. Hoveddrivstoffstanken er overflatemontert og sikrer at motoren har positivt indre trykk under alle driftsforhold og forhindrer vanninntrengning. Dette utelukker behovet for membrantrykkbalansert utstyr. Kabel er tilkoblet på innsiden av motor og leder til overflaten uten ytre, våte skjøter som forhindrer brudd på kabel og sjøvannsinntrengning.

Varme blir spredt fra motoren til fluidet når det passerer over motoren til pumpesuget.



Figur 10

Tekniske data:

- Kapasitet: opp til $3.400 \text{ m}^3/\text{h}$
- Løftehøyde: opp til 200 m
- Material: Duplex⁹ eller Super duplex¹⁰

⁸ PTFE = Polytetrafluoretylen

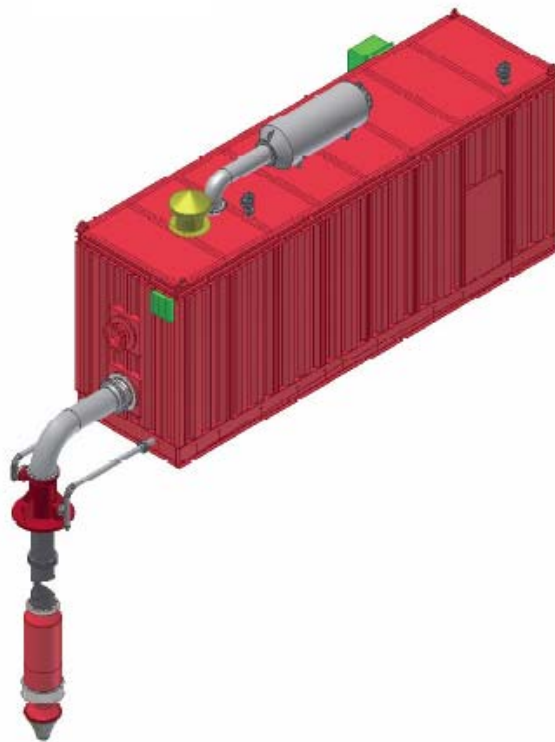
⁹ 22 % Cr

¹⁰ 25 % Cr

Sulzer Pumps, Leeds

Det er fjorten Sulzer Pumps Division fabrikker rundt om i verden, og en av dem ligger i Leeds. Bedriften er internasjonal leverandør av pumper med hovedfokus på olje og gass, HPI¹¹ og kraftgenererende industri. De produserer sentrifugalpumper og er fokusert på kvalitet. Noen av verdens største og kraftigste pumper har blitt designet, produsert, pakket og testet i Leeds for kunder på alle kontinent.

Innenfor kategorien vann, produserer de ettrinns-pumper, ring section pumper, aksial split pumper og vertikale pumper.



Figur 11

Diesel-hydraulisk dreven pumpeenhet for brannslukking

Dette er en vertikal diesel-hydraulisk pumpe for offshore brannslukkingssystem. Den består av en vertikal løftepumpe som er drevet av en hydraulisk motor som løfter sjøvann til booster-pumpen. Boosteren står inne i en container som er montert på hoveddekket. Den leverer sjøvann til brannslukkingssystemet på skipet eller plattformen. Motoren til løfte-pumpen er drevet av høytrykksolje levert av de hydrauliske pumpene som er installert i containeren. De hydrauliske pumpene er drevet av en dieselmotor gjennom et universalledd, og motoren driver også booster-pumpen ved å bruke et lignende koblingsopplegg. Sentrifugal-pumpen er i fullstendig samsvar med ISO 13709 (API 610)¹² sine krav.

¹¹ High Pressure Injection

¹² ISO 13709/API 610 = Centrifugal pumps for petroleum, petrochemical and natural gas industries

Systemet levert av Sulzer Pumps går fullstendig uavhengig, og et komplett hydraulisk system til å operere løftepumpen er levert i konteineren. Konteineren inneholder hydraulisk enhet til å drive løftepumpen ved lav hastighet, dieselmotor, kjølesystem, drivstoffsuppleringssystem, elektrisk og/eller pneumatisk oppstartssystem, batterier og batteriladere, ventilasjonssystem, detektorer og kontrollsystem, og CO₂ matingsystem og dampere. Fullstendig opererbar kontroll er utført av en PLC som er levert med spesialbygget kontrollpanel designet for å møte de eksakte krav fra hver kunde.

Dieselmotoren er designet for å operere under de mest ekstreme forhold. I tillegg til å være i samsvar med NFPA 20, blir det gjort en komplett torsjonsanalyse av kjeden, og det er veldig lave vibrasjonsnivå. Motoren er festet på AMV¹³-beslag inni konteineren for å videre minimere vibrasjoner.

Det hydrauliske systemet har en hydraulisk oljetrykkslinje med pumper, kontrollventiler og sikkerhetsventiler til å drive løftepumpene og et ventilasjonssystem. En lavkrafts pumpemotorenhet er inkludert for å drive løftepumpen ved lav fart. Dette forhindrer begroing på innsiden og utsiden av pumpen, og det gir en hurtig oppstart av det diesel-hydrauliske systemet. Kjølevann for hydraulikken og motoren er opprettholdt fra trykklinjen til boosterpumpen, som forsikrer at systemet er fullstendig uavhengig av ekstern tilførsel under en nødssituasjon.

Dieselmotorens drivstofftank og forsyningssystem er designet i henhold til NFPA 20 og kravene til hver enkelt kunde. Som et minimum er det garantert minst 18 timers drift med selvlagret drivstoffreserve.

Startsystemet kan være elektrisk eller pneumatisk, alt etter kundens ønsker. Den siste varianten er et lavtrykkssystem som tilbyr høyere tilgjengelighet med et mindre antall komponenter, som reduserer risikoen for feil og forsikrer et enklere vedlikehold.

Ventilasjonssystemet er designet for å møte de strengeste krav fra både kunder og klassifikasjonsselskap. Det består av ventilasjonsinnretning drevet av elektriske motorer under stand-by, og videre ventilasjonsinnretninger er drevet av hydrauliske motorer under driften til det diesel-hydrauliske systemet. I tillegg til ventilasjonen er det inkludert kanaler og fukterer som det logiske systemdesign kriteriet bestemmer.

Konteineren er designet for å tåle de mest ekstreme forhold, som hundreårsbølger, og skal være i henhold til standarder.

Den interne distribusjonen av utstyr og tilbehør, dører og fjernbare hengsler på vegg og i tak, og dimensjonen på konteineren, gir et praktisk område for tilgjengelighet og internt vedlikehold av alle komponenter. Konteineren har inkludert skinner og løfteutstyr festet i taket for å forenkle utstyrshåndtering. Avhengig av området konteineren er installert på skip eller plattform, er den akustiske/termiske isolasjonen til modulen i henhold til SOLAS¹⁴ standard.

Alle systemkomponentene er utprøvd i felten og går gjennom driftstester i testanlegg for å møte de strengeste engineering standarder og kriterier. I tillegg blir hele brannsystemet inkludert løftepumper og boosterpumper, hydraulisk system, dieselmotor og konteinerkomponenter, testet i testanlegget ved full last og 150 % av driftsforhold. Denne testen gir systemet høy pålitelighet, som bevilger systemet drift på plattform i tillegg til begrensingstest, commissioning og oppstartstid om bord.

¹³ Anti Vibration Metallic

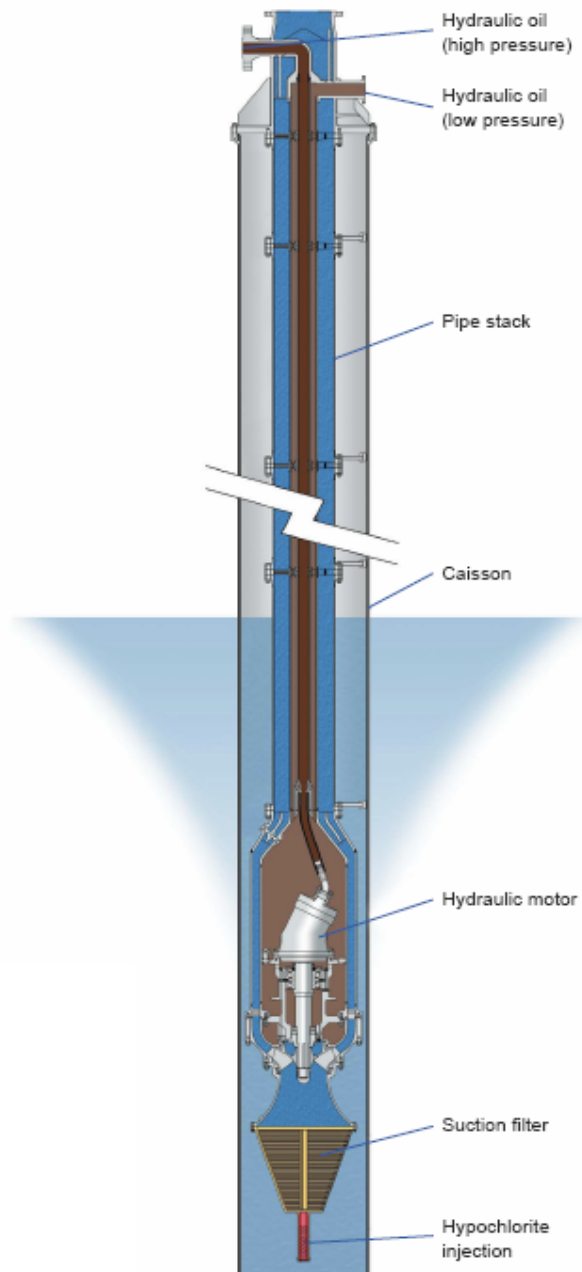
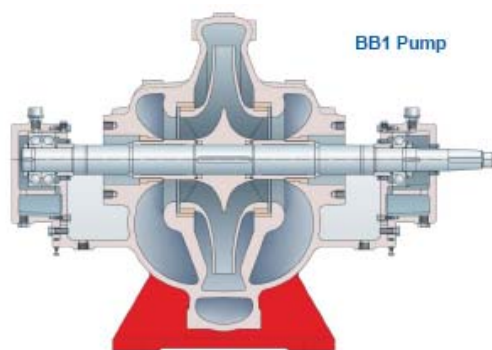
¹⁴ SOLAS = Safety Of Life At Sea

Løftepumpene som er av typen nedsenkbare og hydraulisk drevne, løfter sjøvannet gjennom rørsøyler.

Det hydrauliske systemet består av høy- og lavtrykks rør sentrert i rørsøylen. På grunn av høyt driftstrykk kombinert med korrosjonsangrep fra sjøvann er materialene brukt til pumpen enten duplex eller super duplex, avhengig av driftsforhold.

Oljen som er brukt til å drive den hydrauliske motoren er også brukt til smurning og kjøling for lagrene og rotortetningene til løftepumpen. Trykket til hydraulikkoljen i lavtrykksledingen er noe høyere enn trykket i sjøvannet i rørsøylen.

Eksternt røropplegg forsyner injeksjonen av hypokloritt¹⁵ under inntaksfilteret i sugeledningen til løftepumpen. Filteret er rikelig dimensjonert for å forhindre trykktap i suget, og det er plassert inni trakten til pumpen.

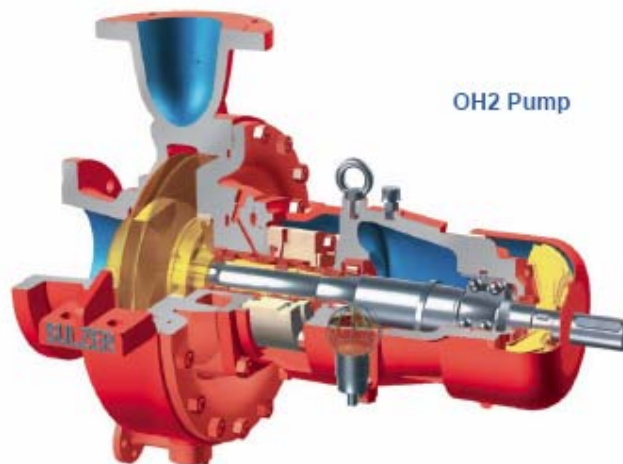


¹⁵ ClO⁻

Boosterpumpene kan være av typen OH2 eller BB1 til ISO 13709 (API610). Utvalget tar hensyn til kundespesifikasjoner, i tillegg til driftsforholdene.

Rotortetningene og spylesystemet er designet og produsert i samsvar med API682, som tillater tørr drift under oppstart av det diesel-hydrauliske systemet.

Boosterpumpene som Sulzer leverer har krav til NPSH i henhold til ISO 13709 ($NSS^{16} < 11.000$) og yteevnen er i henhold til NFPA 20 (150 % av normale driftsforhold), og på denne måten minimeres trykket og kraften til løftepumpen. Boosterpumper er produsert i duplex eller super duplex.



Figur 12

Tekniske data:

- Kapasitet: opp til $3.800 m^3/h$
- Løftehøyde: opp til $210 m$
- Material: Duplex eller Super duplex

¹⁶ NSS = Neutral Salt Spray, NSS-test for å bedømme korrosjonsmotstand til metall uten permanent korrosjonsbeskyttelse eller midlertidig korrosjonsbeskyttelse.

Hamworthy

Hamworthy er en ledende designer, utvikler og produsent av avanserte fluidhåndteringssystemer for skip og offshore olje- og gassanlegg. Bedriften er spesialisert i innovative og ofte spesialbestilte design for marine gassbehandling, pumping og vannsystemer. De har offshorespesialister som har omfattende erfaring i å støtte utforskning og produksjonsområder med miljøvennlige, innovative og integrerte utstyrløsninger. Dette er en fordel for alle offshoreanlegg som er engasjert i alle trinn av olje- og gassfeltutvikling, fra utforskning og drilling til produksjon og transport. Hamworthy brannvanspumper kan være avgjørende for sikkerheten om bord.

Brannpumpepakker

Hamworthy kan levere varierte strukturer av brannvannspumpepakker som diesel-hydrauliske, direkte dieseldrevne og direkte elektriske drevne. Pakkene kan leveres komplett i samsvar med bestemmelsene til NFPA 20 og møter de varierte kravene fra marine- og offshoremarkedet.

Ulike kombinasjoner basert på dieselmotor som hovedkraftsenhet er tilgjengelige. Alle brannsystemene levert av Hamworthy kan leveres i containere. Innbygget er H-60 isolert i AISI 316 rustfritt stål. Alt containerisert utstyr er designet for enkel installasjon og god tilgang til alle hovedkomponentene. Enhetene kan leveres med brann- og gassdetektorer og brannslukkingssystem.

Starsystemene kan være elektriske, pneumatiske eller hydrauliske. Elektriske systemer har elektrisk start med batteri. Dobbel elektrisk start er anbefalt for å være i samsvar med forskriftene, og dette er den mest kostnadseffektive løsningen. Pneumatiske systemer startes med luft under trykk. Hydrauliske systemer startes med hydraulisk olje under trykk. Alle startmetodene kan kombineres.

Pumpene har doble innsugingsimpellere og doble spiralhus. Lav NPSHr for impellerne gjør det mulig for pumpen å operere med 150 % kapasitet uten kavitasjon. Designet er kompakt og robust og har mekanisk rotortetning som standard.

Diesel hydraulisk drevet system

Diesel-hydraulisk er passende når hovedinstallasjonen av brannvannspumpen må være over trekklinjen, typisk i et rom under dekk i forpiggen. En hydraulisk drevne løftepumpe vil bli installert for å ta innsugning fra en skipskiste direkte til den dieseldrevne hovedmotoren. Fordelen med et slikt system er den minimale risikoen for trykkslag under installering av en tilbakeslagsventil etter den tørrinstallerte in-line løftepumpen.

Et system for en slik installasjon skal bestå av minimum dieselmotor, booster pumpe, løftepumpe, hydraulisk system, NFPA 20 kontroller og romkjøler.

Direkte diesel drevet system

Direkte dieseldreven er passende når pumpeinstallasjonen muligens er under tappelinjen.

Et system for en slik installasjon skal bestå av minimum dieselmotor, brannvannspumpe, NFPA 20 kontroller og romkjøler.

Direkte elektrisk drevet system

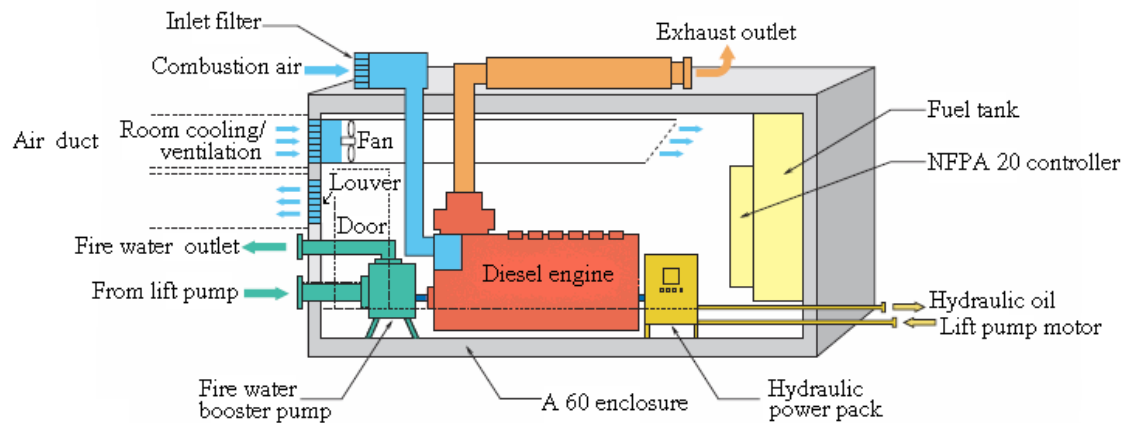
Elektrisk drevet system skal være installert under tappelinjen. Brannvannspumpen kan leveres både som vertikal og horisontal struktur. Motoren kan kjøles med vann tatt fra brannvannspumpen. Systemet kan også leveres med et dieselgeneratorsett.

Et system for en slik installasjon skal bestå av minimum brannvannspumpe, elektrisk motor og NFPA 20 kontroller/starter.

Tekniske data:

- Kapasitet: opp til $5.000 \text{ m}^3/\text{h}$
- Løftehøyde: opp til 200 m
- Materiale: Ni-Al Bronse som standard, andre materialer etter ønske.

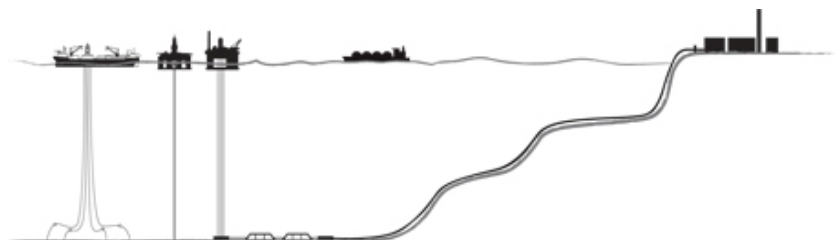
Containerised diesel hydraulic fire water pump system:



Figur 13

Bjørge

Bjørge har lang erfaring innen olje- og gassindustrien. De kan også bidra med høyteknologi og innovasjon for en videre bærekraftig utvikling. Bedriften leverer blant annet produkter, systemer og totalløsninger innen pumper, ventiler, brann- og gassdeteksjon og slukkesystemer. Selskapet satser mye på videreutvikling av egen teknologi, og de representerer noen av verdens ledende leverandører innen flere områder. De har levert over 100 system for brannvannspumper til offshore olje- og gassindustrien.



Figur 14

Bjørge er via datterselskapet Fire Protection Engineering (FPE) markedsleder innen aktiv slukking på norsk sokkel. FPE leverer egenproduserte systemer og produkter innen deluge-, sprinkler-, vanntåke-, helidekk-, skum og trykk kompensatorsystem. FPE leverer også produkter som brannhydranter, slangetromler, brannkanoner, dyser og sprinklerhoder. All produksjon skjer i egne fasiliteter i Stavanger.

Bjørge fremstår etter overtagelsen av Eureka produktspekteret som en produsent av brannpumper og innehar en stor installert base av brannpumper både på norsk sokkel og internasjonalt.

Bjørge Rotating Equipment Solutions er en pumpeleverandør med 30 års erfaring innen pumpeteknologi og dekker alle pumpeapplikasjoner innen olje- og gassindustrien. Et av hovedproduktene de leverer er brannvannspumpepakker, og de er med på å velge rett utstyr og tilby kostnadseffektive løsninger med høy kvalitet. De tilbyr også oppgraderinger, modifikasjoner, utstyrtesting, installasjon og avansert vedlikehold og service med originale reservedeler.

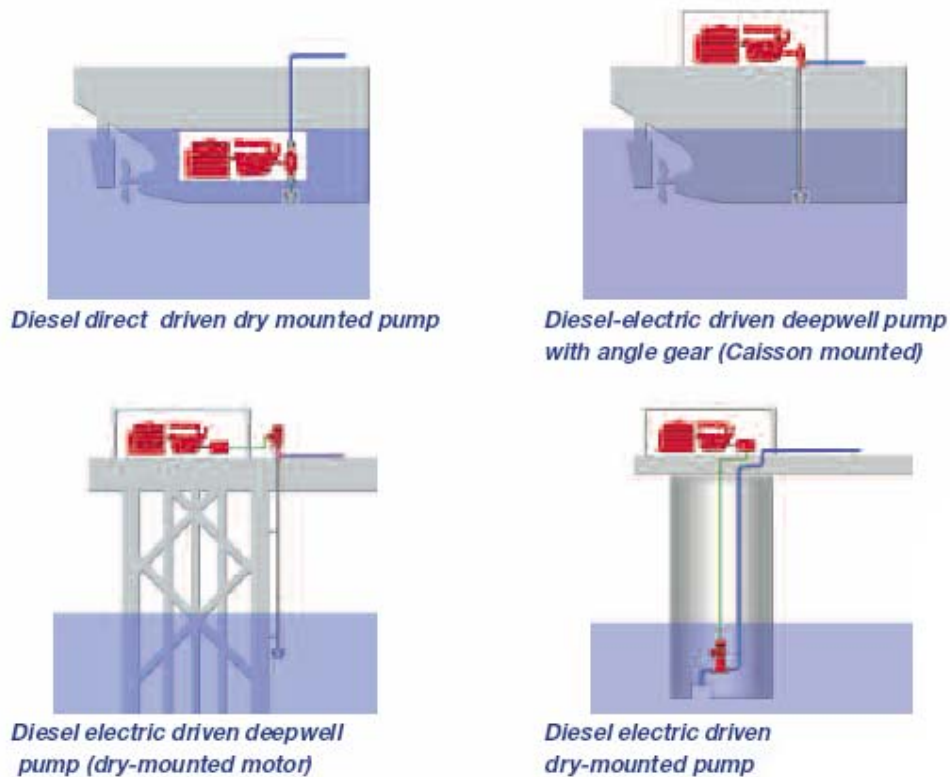
Eureka brannvannspumper

Utvalget av Eureka pumper består av slitesterke API610 sentrifugalpumper utviklet for olje- og gassmarkedet. Alle pumpene er produsert og testet i Norge og innbefatter konkurransedyktig teknologi innen oppstrømsinstallasjoner verden rundt.

Bjørge AS Pump Division leverer Bjørge brannpumpepakker som inkluderer driver, pumpe og et kontrollsysteem uten behov for nytteforbruk i driftsmodus. Systemene og pumpene er i samsvar med NFPA 20 forskrifter. Drivenhetene er enten diesel-elektriske eller direkte diesel drevne, hydraulikk er ikke brukt.

Pumpene er designet for høy effekt og lavt energiforbruk. Pumpene har ingen begrensning for kapasitet eller trykk som er forlangt på offshoreenheter i dag. Designet er rent med få deler og få kontaktflater, og enkeltheten gir høyere pålitelighet og færre mulige feil. Den høye effekten gjør at én pumpe er tilstrekkelig.

Bjørge leverer komplette pakker med alle typer innbygging. Kontrollsysteemene kan være enkle NFPA 20 system eller PLC system med flere funksjoner. Ekstra drivstofftanker, radiatorviftekjølere og AFFF system kan også leveres med. Alle systemene er komplette og kan operere fullt i 24 timer med alt hjelpeutstyr. Ingen ekstern påvirkning kan stoppe brannvannspumpen i en nødssituasjon.



Figur 15

Direkte diesel dreven, dybbrønns brannvannspumpe med vinkelgir

Pumpen er en flertrinns sentrifugalpumpe med overføringsaksel og endesug. Den er dreven av en høyhastighets, direkte injeksjons, turboladet dieselmotor. Kjølevannet som blir tatt fra pumpeutløpet og det komplette systemet er uavhengig av eksternt kjølevann. Pumpen blir drevet gjennom en kort kardangaksel fra motoren til et rettvinklet gir. Vanlig fundamentplate for pumpen, motoren, giret og tilbehør er utstyrt med et spillbrett med stor kapasitet. Kontrollpanel, startbatterier, drivstoffstank og annet tilbehør kan monteres på fundamentplaten.

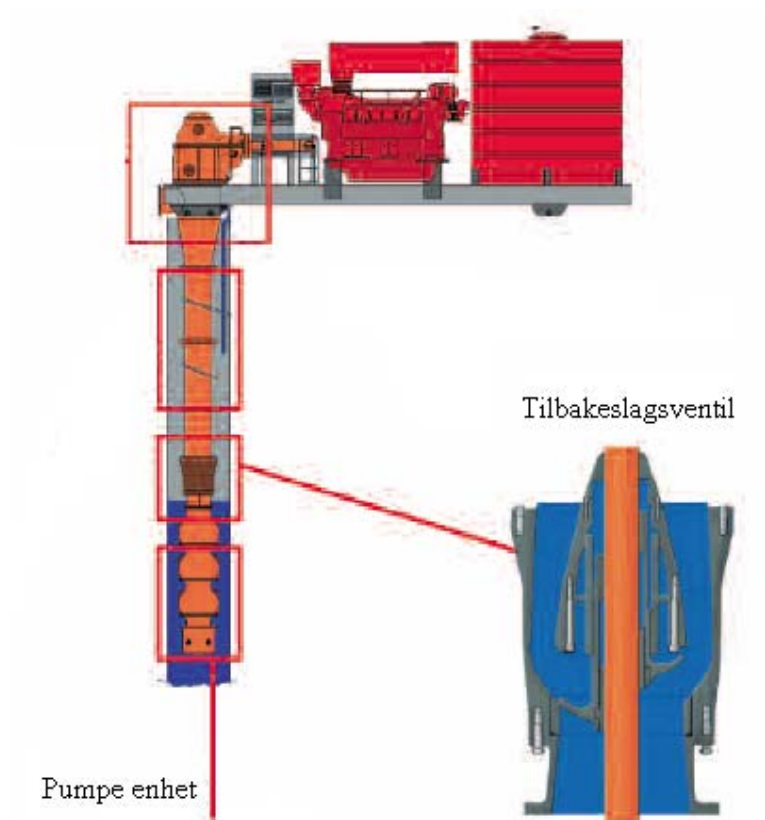
Systemet er plass-, vekt- og kostnadseffektivt grunnet få og enkle komponenter, og det er enkelt å installere. Systemet er også utstyrt med forsterket vertikallager og ikke-omvendt sperrehake. Driver og kontrollutstyr er plassert borte fra flomutsatte områder med solid kobling til den nedsenkede pumpen.

Dybbrønns pumpen er designet ifølge API610 for kontinuerlig pumping under alle driftsforhold. Den er levert i 25 % Cr eller 22 % Cr Duplex, eller Ni-Al Bronse. Drivakselen er alltid levert i 25 % Cr Duplex. Systemet er kraftig, komplett og fullstendig mekanisk designet etter NFPA 20.

Som eneste leverandør i verden kan Eureka leveres med en unik tilbakeslagsventil ved den nedsenkede brannvannspumpen. Ventilen holder brannvannssystemet fylt til enhver tid, og dermed reduseres trykklageeffekten.

Tekniske data:

- Kapasitet: opp til $5.000 \text{ m}^3/\text{h}$
- Løftehøyde: opp til 220 m
- Material: Duplex, Super duplex eller Ni-Al Bronse



Figur 16

Systemene kan leveres med containere av A60/H60 og lyddempede moduler med gangveier rundt motor og pumpe. Dørene har avtakbare fester for enkel installasjon eller fjerning og vedlikehold. Drivstofftankene kan leveres for 12, 18 eller 24 timers drift, og kontrollsystemet er NFPA 20 basert PLC med flere funksjoner og enkel sammenkobling. De kan levere med startsystem som kan være elektrisk, pneumatisk eller hydraulisk.

Direkte diesel drevet, tørrmontert brannvannspumpesystem

Brannvannspumpen er en tørrmontert ett- eller flertrinns sentrifugalpumpe i horisontal versjon for stand-by drift. Den er drevet av en høyhastighets, direkte injeksjons, turboladet og etterkjølt dieselmotor. Kjølevannet som blir tatt fra pumpeutløpet og det komplette systemet er uavhengig av eksternt kjølevann.

Pumpen blir drevet gjennom en fleksibel kardangkobling for å forenkle installasjon og tillate dieselmotoren å bevege seg fritt på de fleksible støttene. En slitesterk, lettvektig fundamentramme er tilpasset med et spillbrett med tilkobling for drenering. Det er også 4-punkts standard rammemontering med sfærisk gummiforing og sveisede plattformstøtter.

Systemet har lav kompleksitet med få komponenter og direkte drift, og lett tilgjengelighet for vedlikehold. Det har et stort kapasitetsområde og er rett fram designet etter NFPA 20.

Tekniske data, Marine:

- Kapasitet: opp til $4.000\text{ m}^3/h$
- Løftehøyde: opp til 200 m
- Material: Ni-Al Bronse

Tekniske data, API610:

- Kapasitet: opp til $10.000\text{ m}^3/h$
- Løftehøyde: opp til 400 m
- Material: Ni-Al Bronse, Duplex eller Super duplex

Diesel-elektrisk drevet, tørrmontert brannvannspumpesystem

Brannvannspumpen er tørrmontert med diesel-elektrisk driverenhet for standby- eller skipsoppgaver. Dieselmotor driver gjennom en flenset generator. Pumpen er drevet av en høyhastighets, direkte injeksjons, turboladet og etterkjølt dieselmotor. Kjølevannet som blir tatt fra pumpeutløpet og det komplette systemet er uavhengig av eksternt kjølevann. Den vannkjølte generatoren er flenset på motorens svinghjulshusing og støttet i fleksible underlag maken til motorens underlag. Rammen er produsert i slitesterkt, lettvektig karbonstål, tilpasset med et spillbrett med stor kapasitet og tilkobling for drenering. Kontrollpanelet er rammemontert, mikroprosessorbasert, med innbygget instrumentbatteri. Det er også med full generatorinstrumentering.

Systemet er rett fram designet etter NFPA 20, og har fleksibilitet i installasjonsarrangementet. Det har mulighet for kombinert brannvanns- og sjøvannsløfting, og kombinert krafttilførsel.

Marine-type

Pumpen er elektrisk eller dieseldrevet ettrinns- eller totrinns radial split pumpe med dobbeltsug og dobbelt spiralhus. Den er tilgjengelig i både vertikal og horisontal utførelse. Fra et ytelsessynspunkt er pumpen designet med høy effektivitet.

Tekniske data:

- Kapasitet: opp til $4.000\text{ m}^3/h$
- Løftehøyde: opp til 200 m
- Material: Ni-Al Bronse



Figur 17

API610-type

Pumpen er direkte elektrisk eller direkte dieseldrevet og vertikalt eller horisontalt rammemontert. Den er en ettrinns- radial split sentrifugalpumpe med dobbeltsug og dobbelt spiralhus. Pumpen kan leveres i et vidt utvalg av kapasiteter og løftehøyder.

Tekniske data:

- Kapasitet: opp til $10.000\text{ m}^3/h$
- Løftehøyde: opp til 400 m
- Material: Ni-Al Bronse, Duplex eller Super duplex

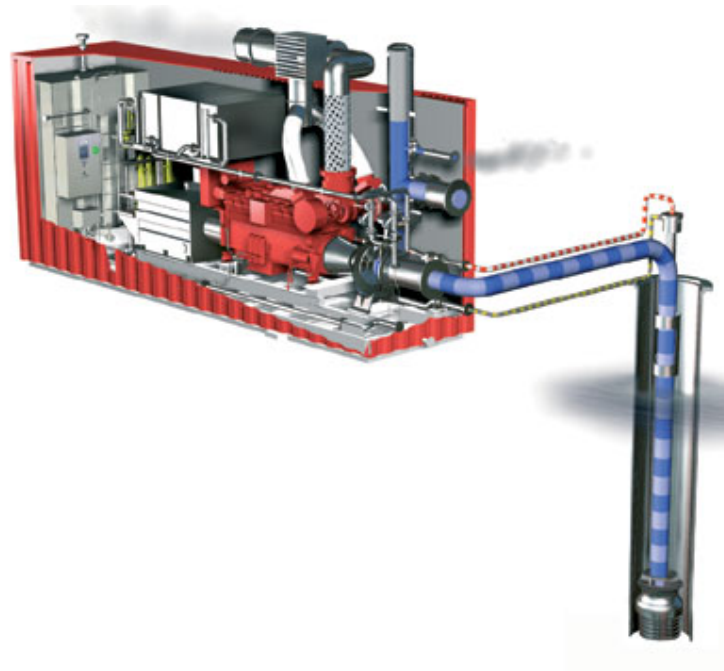
Frank Mohn AS, Bergen

Frank Mohn AS ble stiftet i 1938 og er en familiebedrift som markedsfører sine produkt og tjenester under firmanavnet Framo. De har lang erfaring med pumper, og de har avdelinger rundt om i hele verden. De er ledende leverandør av nedsenkbare pumper for verdens tankere og offshoreindustri og alle produktene designes og produseres på Flatøy utfør Bergen.

Innenfor olje- og gassavdelingen leverer de blant annet vanninjeksjonspumper og pumpesystem, brannvannpumpesystemer og elektriske nedsenkbare pumper. Mange av systemene er levert som konteineriserte enheter. Pumper og drivere plasseres enten i pumperom eller topside. De tilbyr assistanse i alle faser av et prosjekt, fra forstudier til drift. Den verdensomspennende service organisasjonen tar seg av opplæring, teknisk service, reservedeler og reparasjoner.

Pumpeløsninger for topside kan være langakslet pumpe (direkte med vinkelgir), langakslet pumpe med elektromotor, dykket elektrisk pumpe med konvensjonell kabel, dykket elektrisk pumpe med integrert ledersystem eller dykket hydraulisk pumpe med integrert kraftoverføring.

Driverløsninger kan være direkte forsyning fra nødtavle eller landstrøm, direkte dieseldrift (vinkelgir), diesel-elektrisk med generator eller dieselhydraulisk med boosterpumpe.



Figur 18

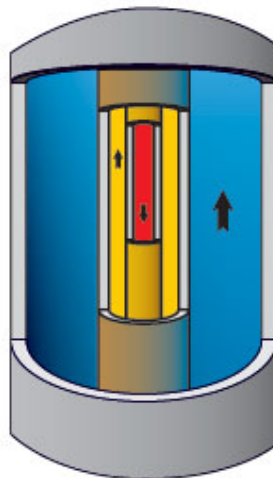
Pumpepakker

Diesel-hydrauliske brannpumper

Diesel-hydrauliske pumper kan operere med gass tilstede. De har et autonomt¹⁷ system og brannbeskyttelse A60-H120 tilgjengelig. De har lett oppløp grunnet lav last ved oppstart, trykkstøtbegrensing er inkludert, de har innebygd tilstandsovervåkning og designet er kompakt og har lav vekt. Man får en sikker og pålitelig hydraulisk kraftoverføring og en kontinuerlig sirkulasjon av hydraulikkolje.

Disse diesel-hydrauliske brannvannspumpene er nedsenkbare og løfter vannet til en direkte dieselmotorpumpe. Flexibiliteten til dette konseptet gir store fordeler med tanke på plassering, siden løftepumpen ikke trenger å installeres nær dieselmotordriveren. Det hydrauliske konseptet gir store fordeler med tanke på plass og vekt.

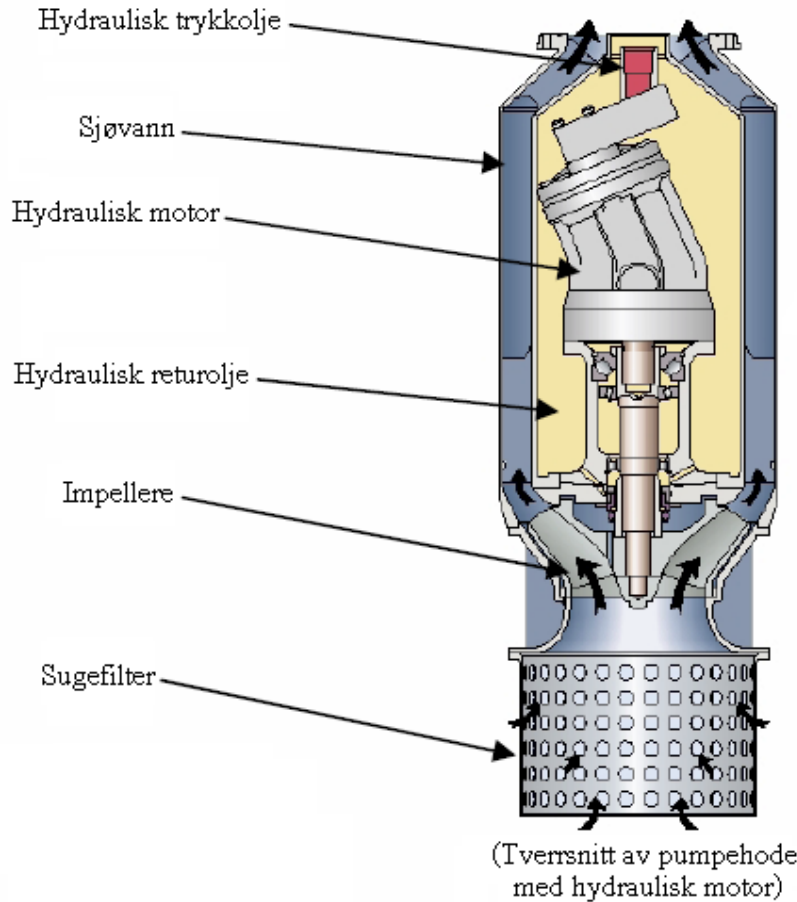
Ved å bruke en nedsenket hydraulisk pumpe for å løfte vannet opp til dekket, og mate en direkte motordreven pumpe, er startlasten til motoren holdt på et minimum. Typisk er bruddet mellom den dykkede pumpen og den direkte dieseldrevne pumpen på 30 % / 70 %, som betyr at belastningen på motorstarten er ca. 30 % av full belastning ved oppstart. Forbedret start og stand-by forhold for det komplette systemet er også forsynt av en kontinuerlig sirkulasjon av hydraulikkolje med hjelp fra en liten elektrisk drevne jockey pumpe¹⁸. Både løftepumpen og boosterpumpen er ettrinns sentrifugalpumper med en kort stivakslings svevende design. Dieselmotorens driverpakke med drivstofftank, startsystem og tilbehør er installert på en alminnelig skilramme komplett med brannbeskyttet innkapsling. De kompakte modulene har blitt standardiserte for optimale størrelser og vekt, og fremdeles bevarer de maksimum anvendelighet for vedlikehold både av generell layout og av interne løftebommer og avtakbare paneler for fjerning av dieselmotoren.



Figur 19

¹⁷ Selvstyrt, selvstendig, uavhengig

¹⁸ Trykkvedlikeholdspumpe for skummiddel



Figur 20

Pumpesettet kan leveres med drifstoffsystem for drift i 12, 18 eller 24 timer, og med AFFF system som inkluderer tanker, pumper og kontrollsystem.

Stigerørene, med flenser i begge ender, har den hydrauliske kraftoverføringen sentrert montert med stab-in koblinger. Vannrøret omgir de hydrauliske lav- og høytrykkslinjene. Denne mekaniske beskyttelsen av kraftoverføringen muliggjør installasjon uten caisson.

Å ha hydraulikkolje som sirkulerer ved redusert strømming og trykk gir en konstant temperatur i hele systemet og kontinuerlig rotasjon av den nedsenkede pumpen (40-50 rpm). Dette fører til konstant tilstandsovervåking av hele systemet i stand-by, og det gir optimale forhold for den nedsenkede pumpen.

Tekniske data:

- Kapasitet: opp til $2.800 m^3/h$
- Løftehøyde: opp til 200 m
- Material: Duplex (Nordsjøen) og Super duplex (tropiske farvann)

Diesel-elektriske brannpumper

Diesel-elektriske pumper har et autonomt system og brannbeskyttelse A60-H120 tilgjengelig. De har lett oppløp grunnet lav last ved oppstart, trykkstøtbegrensing er inkludert og de har innebygd tilstandsovervåkning. Man får en sikker og pålitelig elektrisk kraftoverføring og en trykksatt sirkulasjon av olje for kjøling og smurning.

Et stort utvalg av store elektriske nedsenkbare pumper kan brukes til det samme formålet som de hydrauliske. Pumpene kan leveres som frittstående enheter med krafttilførsel fra andre, eller som komplette system med dieselgeneratorsett levert som rammemonterte enheter eller som kontaineriserte slik som det diesel-hydrauliske alternativet.

Pumpene er nedsenkbare og er et kabelfritt konsept. Dette har eliminert tradisjonelle bekymringsområder for elektriske pumper. Elimineringen av kabelhåndtering og kabelpenetrasjon under vann, kombinert med overtrykksbeskyttelse av motor og alle elektriske og roterende deler, gir en sikker og pålitelig løsning. Den kompakte, tett koblede, end-suction maskinen gående under første kritiske fart, gir en enkel, robust og svært økonomisk løsning for et mangfold av anvendelsesområder. Pumpen er også godkjent for bruk i råoljesoner og andre sone 0¹⁹ pumpeanvendelser.



Figur 21

¹⁹ Sone 0: Områder hvor det uavbrutt eller i lange perioder forekommer en eksplosiv blanding av brennbar gass, damp eller svevende væskedråper og luft.

Den elektriske nedsenkbare pumpen er en tett koblet end-suction sentrifugalpumpe med ett eller to trinn drevet av en integrert oljefyllt motor. Pumpen er installert hengende fra et stigerør med et innebygd elektrisk kraftoverføringssystem. Motorsystem og ledesystem er overtrykksbeskyttet og kjølt av hydraulisk olje som kommer fra en liten oljesirkulasjonssenheter, som også gir tilstandsovervåking av hele systemet. Kraftoverføringssystemet ender på topplaten hjulpet av en koblingsboks og forsynings/retur kobling for oljesirkulasjonssystemet.

Trykkoljesmøringen kombinert med integrert pumpe og motordesign gjør enhetene veldig kompakte med et veldig høyt kraft/vekt forhold. Det roterende elementet er støttet i driverenden av et rullelager. Aksialkraft er kontrollert av slitasjediometrer og ved å drenere kammeret til slitasjeringen til sugesiden av impellerne.

Beregnet levetid er i samsvar med API610. Tetningsarrangementet innbefatter en balansert mekanisk tetning som sitter på en hylse, med fjærene beskyttet av smøringsoljen på innsiden. Impellere, krympetilpasset på akselen, har utløp til ledeskovler som er konsentrisk på motorkassen for å forsikre god radiell balanse og minimum diameter.

Hvert stigerør er flenset i begge ender og har montert et kraftledende system som består av et oljerør med kobberledere som fører den elektriske kraften ned til motoren. De tre lederørene er med mellomrom på 120 grader og hjulpet av isoleringsstykker. Fjærlastede glidekoblinger er tilpasset til malekoblingen for å forsikre en sikker og pålitelig elektrisk kobling. Oljerøret er også ordnet med male/female stab-in koblinger, så systemet er montert ved å flense stigerørene sammen.

Sirkulasjonssenheteren er en viktig del av konseptet, siden den gir en kontinuerlig tilstandsovervåking av den nedsenkede pumpe/motor enheten. Temperatur, trykk, renhet og kontroll av forseglingslekkasje gir all input data som er krevd. I tillegg gir trykksirkulasjonen ekstra kjøling av den nedsenkede motoren og gjør enheten mindre følsom for drift utenfor det den er designet for.

Tekniske data:

- Kapasitet: opp til $16.000 \text{ m}^3/h$
- Løftehøyde: opp til 260 m
- Material: Duplex (Nordsjøen) og Superduplex (tropiske farvann)

Sammenligning av pumper

Alle brannvannspumpene vi har sett på er sentrifugalpumper. Dette er fordi man trenger store mengder vann, og sentrifugalpumper har stor leveransemengde i forhold til størrelsen. Det blir også en ganske stor nivåforskjell fra sugehøyden til utløpet på plattformdekk, og man kan få stor kapasitet ut av en sentrifugalpumpe. Når pumpen er senket under vann vil det gi nødvendig trykk for at pumpen skal fungere, men det forutsetter at pumpen er nok senket ned til å regne med høydeforskjeller ved bølger og plattformbevegelse. Siden vannet som skal pumpes har så stor bevegelse er det en fordel med sentrifugalpumper siden de tillater vannet å gå begge veier, selv når pumpen ikke er i drift.

De fleste leverandørene kan levere i duplex eller super duplex. Bruk av duplex i Nordsjøen vil gi lang nok levetid med tanke på korrosjon, siden vannet der holder en relativ lav temperatur hele året. Man trenger heller ikke bekymre seg noe for erosjon, siden sentrifugalpumpene er lite følsomme for dette sammenlignet med andre pumpetyper.



Figur 22

Del 2

Valg av pumpe

GjØa er en prosessplattform, og den er permanent bemannet. Dette må man ta hensyn til når man velger brannbeskyttelse om bord, kun den beste løsningen er aktuell.

For GjØa er nedsenkede pumper en fordel framfor tørrmonterte. De nedsenkede pumpene tar mindre plass på dekk, og de brØker mindre. Skroget til plattformen blir laget hos Samsung Heavy Industries i Korea og de er veldig dyktige på sveising, men de er ikke så flinke på montering. Velger man en tørrmontert løsning må denne fraktes ned til Korea for påmontering, noe som er mer tungvint og dyrere enn å kunne montere det direkte på plattformen på Stord. Da lager de bare en caisson inni skroget i Korea, noe som er rent stØlarbeid Samsung. De tørrmonterte løsningene er ogsØ mer utsatt for trykktap, noe som igjen kan føre til kavitasjon. Det er mange grunner til at nedsenkede brann- og sjØvannspumpesystemer er best egnet for flytere:

- Man får optimale operasjonelle forhold, og end-suction pumper.
- Interface engineering blir redusert til et minimum.
- Det blir kortest mulig avstand til hovedbrannledning og forbrukere.
- Man får 50 % vektreduksjon.
- Korrosjonslasten er begrenset til korte sammenkoblingsselementer.
- Man får ferdigtestet leveranse, og redusert installasjon og hook-up tid.
- Leveranse kan utsettes til senere stadium av prosjektet.
- Installasjonsperioden på verftet blir kort.
- Totalkostnaden blir redusert.
- Systemgaranti i stedet for utstyrsgaranti.
- Ingen risiko for lekkasje.
- Det er eneste virkelig sikre løsning.
- De tØler oversvømmelse.

Man kan få pumper som er direkte drevne, men det vil være en dØrlig løsning siden vannet skal løftes sØ høyt. Motoren vil ikke tØle en aksel på 50 m .

En grunn til at det er valgt diesel-elektrisk pumper er fordi fordelene med disse i forhold til hydrauliske er at responstiden ved oppstart er umiddelbar. Dette er en fordel siden en nØdssituasjon ved brann er akutt, og jo raskere brannpumpene er i gang, jo bedre. De diesel-hydrauliske pumpene har ogsØ mye lavere kapasitet enn de diesel-elektriske.

PØ grunn av trykksatt sirkulasjonslØse som kjØler systemet, blir ikke pumpene følsomme for drift utenfor det omrØdet de er designet for, sØ man trenger ikke bekymre seg dersom dette skjer. Man har tidligere erfaringer med pumper uten trykksatt sirkulasjonslØse. Disse fikk vanninntrengning som førte til jordfeil (SnØhvitt), og det fører til trykktap ved lekkasje eller feil. Dette trykktapet kan igjen føre til at pumpene starter, og blir det ikke ordnet vil alle pumpene starte etter hvert. En slik feil ble oppdaget pØ Kristin pØ tørrmonterte pumper, og de regnet pØ det og fant ut at vist alle pumpene hadde startet ville plattformen blitt overfløymet av vann og senket pØ 8 min.

Det er nØdvendig at løsningene er kontaineriserte for Ø beskytte alt utstyret til pumpen pØ dekk, og for Ø gjØre det mer pØlitelig og enklere Ø vedlikeholde. Dette er fordi man mØ være sikker pØ at motor og alt tilbehØret fungerer slik det skal, siden brannpumpene er kritisk utstyr om bord pØ plattformen.

Framo har veldig lang erfaring med pumper, og er den absolutt ledende leverandøren i dette markedet. De har levert brannvannspumper lenge, og de har ikke hatt noen feil på produktene sine. Erfaringsmessig så leverer de pumper av veldig høy standard og kvalitet, og de leverer svært kraftige pumper.

Når man skal velge brannpumper så må kvalitet være første prioritet for å ivareta sikkerheten om bord. Framo sine diesel-elektriske brannpumper kan sies å oppfylle alle fordelskrav nevnt ovenfor. Bedriften har gode referanser, og kapasiteten er mye høyere enn for de kraftigste pumpene de andre leverandørene kan tilby. På en såpass stor plattform som Gjøl er det en fordel med tilgjengelig høy kapasitet. De leverer også med AFFF-system, noe som er en nødvendighet på en permanent bemannet plattform med hydrokarboner til stede.

Sammenlignet med det de andre leverandørene kan tilby, er de diesel-elektriske brannvannspumpene fra Framo det beste alternativet. Det er kompakte enheter, og de har et høyt kraft/vekt forhold. Dette er med på å minske størrelsen om bord, men effekten er likevel høy. Pumpesettet er også veldig enkelt å installere, og det kommer ferdig pakket og klart til anlegget på Stord. Det faktum at produksjonen bare er et par timer unna er heller ingen ulempe. Dette gjør at fraktutgiftene blir betydelig reduserte i forhold til de som holder til lengre vekk fra Stord, og reiseutgiftene for å kontrollere produksjonen underveis er minimale. En liten ulempe med de nedsenkede pumpene er at tilgjengeligheten er dårligere enn for de tørrmonterte. Men Framo sine pumper har aldri hatt behov for umiddelbar utskifting og vedlikehold, så med god planlegging vil dette ha lite å si.

Framo har også fjernet tradisjonell bekymring for elektriske feil ved å lage et kabelfritt konsept. Kablene er beskyttet inni sentrum, og dette er med på å gi en mer pålitelig løsning for den elektriske pumpen.

Den diesel-elektriske pumpen fra Framo er nedsenket, og den har trykksatt oljesirkulasjon. Det aktuelle alternativet fra Clyde Pumps er ikke kontainerisert og det har ikke trykksatt oljesirkulasjon. Alternativet fra Sulzer Pumps er et bra alternativ, men det er diesel-hydraulisk. Hamworthy har enten hydrauliske eller direkte drevne pumper. Og den aktuelle løsningen fra Bjørge er et tørrmontert brannvannspumpesystem.

Funksjonsbeskrivelse av brannvannssystemet

Brannvannssystemet er designet til å pumpe fra sjøen og sende vannet ut til brannslukkingssystemets forbindelser. Den er dimensjonert til å skaffe kjølevann for egen pakke i tillegg til brannvannstjeneste. Et fullstendig system består av en elektrisk drevet pumpe som er strømforsynt av et komplett generatorsett. Sjøvannet blir pumpet av en nedsenket elektrisk drevet løftepumpe via et forbindelsesrør til brannslukkingssystemet, og kjølevann tilføres gjennom en løftepumpe som er koblet på dekk.

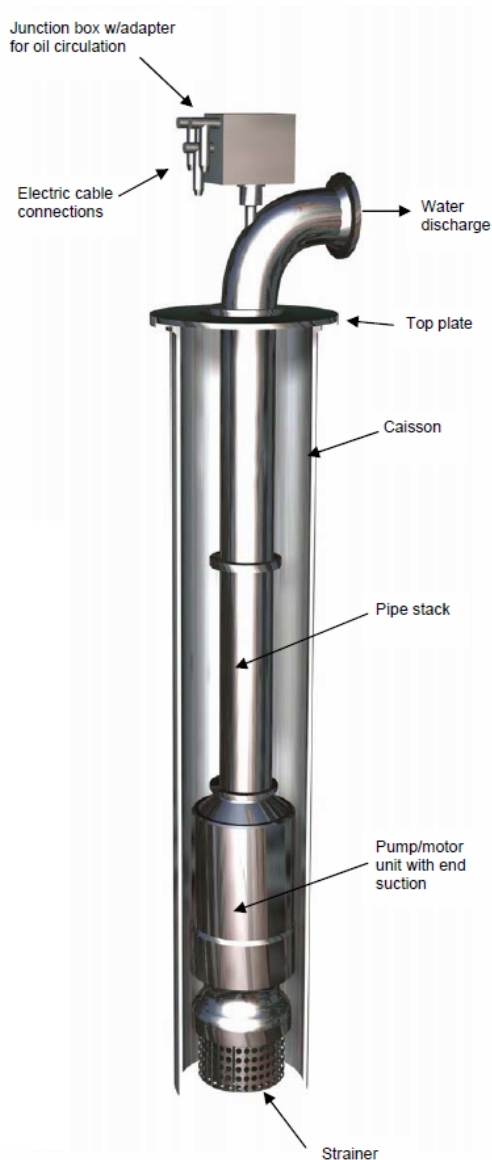
Under beredskap vil brann-/kjølepakkesystemet drenere seg selv automatisk. Dette gjøres via dreneringslinjer ned mot lavere punkter i systemet. Tilbakeslagsblende under hver enkel tapping minsker lekkasjestrøm under driftsforhold.

Teknisk beskrivelse av brannvannspumpen 71PA201 på GjØa Semi plattform.

Hovedsystem beskrivelse

Den elektriske nedsenkbare pumpen fra Frank Mohn består av fire hoveddeler:

- 1) pumpe/motor enhet med suge ende.
- 2) Rørsats med integrert strømforsyning.
- 3) Topp plate arrangement med elektrisk koblingsboks.
- 4) OCU²⁰



Figur 23

Framos nedsenkbare elektriske pumpe, som er drevet av en generator på dekk av plattformen, har en ettrinns sentrifugalpumpe og kompakt koblet suge ende. Sugeinntaket til pumpa er det laveste punktet i pumpesystemet.

Strømforsyningssystemet som er lagt inn i rørsatsene er et unikt kjennetegn for Framos nedsenkbare, elektriske pumper. I stede for vanlig løsning med strømkabel lagt på utsiden av løfterør, er de elektriske lederne godt gjemt inni beskyttende rør og gir strømtilførsel til pumpens motor.

Lederne er installert inni beskyttende oljerør ved hjelp av isolasjonselementer. Elektriske ledere er hullrør av kobber, og de blir brukt som returlinje for oljesirkulasjon. Oljerørkonstruksjonen er montert i sentrum av vannrørene, og utgjør en komplett del av rørsatsen. Løfterøret er flenset sammen for å oppnå den ønskede lengden av pumpen. Når rørsatsene settes sammen vil den elektriske overføringen starte automatisk, det trengs ingen tilleggshåndtering av kabler og løse ledere.

Elektriske koblinger er laget med male/female stab-in koblinger, tilpasset til hver ende av lederør.

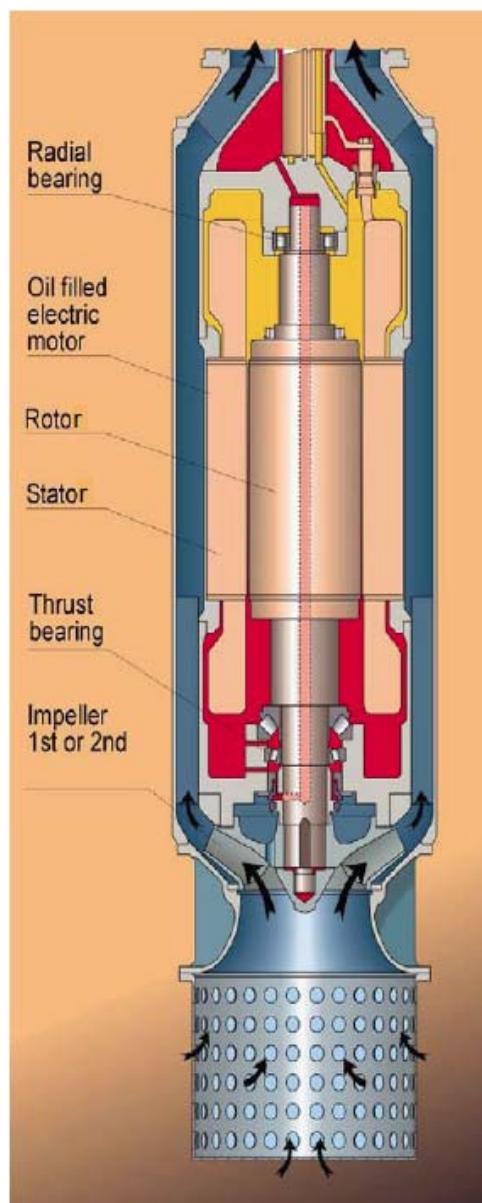
Olje under trykk brukes til kjøling, isolasjon, smørning og overtrykksbeskyttelse. Oljen sirkulerer ved hjelp av en sirkulasjonsramme som er plassert nært pumpen.

Overtrykk vedlikeholdes kontinuerlig under beredskap og kontrollerer lekkasjer i tetninger ved å vise hvilket nivå det er i beholder.

²⁰ Oil Circulation Unit

Dykkepumpen / motor enhet

Motoren ligger over impellerne og er designet med suge ende som gir optimal pumpekarakteristikk. Kort akslingssystem med ettrinnspumpe som er satt direkte på motoraksling drives under øvre kritiske hastighet som gjør enheten stiv og enkel å håndtere under vedlikeholdsoperasjoner. Trykksatt olje skaffer overtrykksbeskyttelse i tillegg til smøring av lager og mekaniske tetninger. Overtrykket blir dannet av en ekstern sirkulasjons enhet. Friksjonsfrie lagre blir brukt på begge endene av akslingen, og øvre lagre er elektrisk isolerte. Aksialtrykket blir balansert av slitasjeringer på over- og undersiden, og ved hjelp av avtapping av sugetrykk i slitasjering rom. Minimum levetid for lagrene er 40.000 timer.



Figur 24

En mer utfyllende beskrivelse:

Den elektriske motoren har både høy og lav spenning, den er oljefylt, og den er beregnet for DOL²¹ og VSD²² operasjoner.

Aksling med rotor er støttet på toppen (ikke drivende ende) av et rullelager for radial støtte. Drivakselenden støttes under beredskap og under drift av et kombinert radial- og aksiallager, som er et dobbelt vinkelkulelager og sfærisk aksialrullelager, og er kombinert rygg mot rygg med konisk rullelager. Lagre er designet for å tåle maksimale aksiale krefter og har samme designet levetid som i API 610 8th. Både lager på motorsiden og ikke-motorsiden er smurt og kjølt av tvungen oljesirkulasjon, noe som gir optimale driftsforhold for lagrene.

Aksial kraftbelastning blir kontrollert av slitasjeringen til en impeller og ved hjelp av drenering av kammeret over impelleren.

Tetningsarrangement består av balansert mekanisk tetning som er festet på hylse. Det er tetningsfjær inni tetningen, som er beskyttet av smøringsolje. Arrangement er designet slik at tetningene blir kontinuerlig smurt og kjølt av trykksatt olje sirkulasjonssystemet.

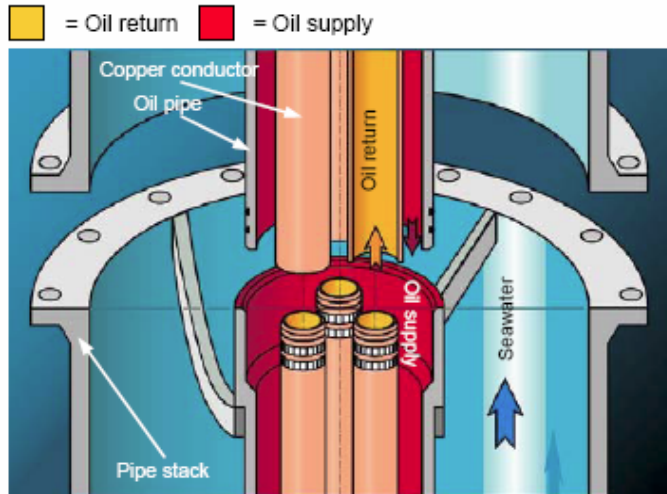
Impellerne fortrengr vannet ut i ytre del av pumpehuset som er konsentrisk i forhold til aksling. Spredningsdesignet er med ledeskovler som gir god radiell balanse og minimal diameter. Innsuging gjennom filter, som er boltet til endedeksel av pumpen. Impellerne er krympetilpasset på motorakslingen og fastlåst med en impellermutter.

²¹ Direct-online

²² Variable Speed Drive

Olje kommer inn i motoren langs utsiden av lederørene, og strømmer inn i nedre del av motoren via borehull i rotorakselen. En del av strømmen går inn mot de mekaniske tetningene og gjennom lagrene. Oljen snur i rotor-/statoråpning, før den returnerer via ledesystemet. Motorhus og lagerbraketter er designet for å gi god og jevn spredning av oljestrømmen. Dette sikrer optimal kjøling og smørning for alle roterende deler.

Rørsats / kraft overføring



Figur 25

Ferdig montert rørsats består av seksjoner, der lengdene er avhengig av prosjektkrav.

Seksjonene består av 3 kobberlederør som står med 120 graders avstand ved hjelp av isolasjons elementer. Disse er montert innvendig i beskyttende rør (oljerør).

Oljerørkonstruksjonen er montert til en ende av rørsatsseksjonen og støttet radially i andre enden, slik at når seksjonen er sammensatt vil forskjeller ved termisk ekspansjon bli utlignet. Oljerøret er montert i sentrum av vannrøret. Vannrør og oljerør gir en komplett rørsatsseksjon.

Vannrørsystemet er flenset sammen, mens oljerør er stab-in koblinger med doble o-ringstetninger som blir brukt til å separere olje og sjøvann. De tre kobberørene har glidende smekklås-kopling (male/female) i hver ende. Trykk- og retursidene (utsiden og innsiden) av kobberørene er avskilt fra hverandre ved hjelp av o-ringene i koplingene.

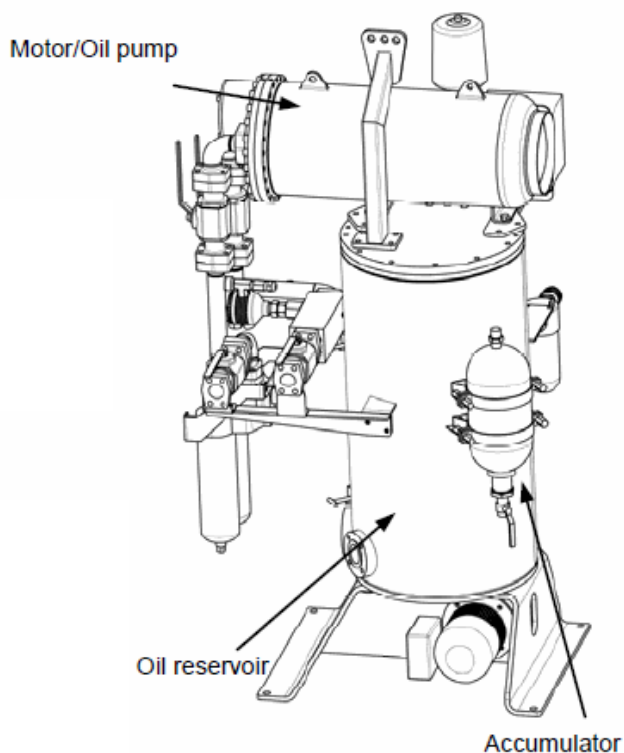
Topplate arrangement

Topplaten²³ består av 90° avlastningsbend og en koblingsboks med elektrisk strømtilførsel. Topplaten er tilpasset til kantdiameteren til caisson, og er designet for å bære hele vekten av pumpen, den totale driftsvekten til er 27.320 kg. Rørsatsen er vannfylt fra MSL²⁴ opp til avlastningspunktet. Strømlederne stopper i koblingsboksen som er montert oppå avlastningsbendet. Et adapter brukes til å separere trykksiden og retursiden av sirkulasjonssystemet.

²³ Monteringsplate

²⁴ Mean Sea Level

Oljesirkulasjonssystemet



Figur 26

Oljesirkulasjonssystemet betjener følgende formål:

- Smøring og kjøling av pumpen, lagre og mekaniske tetninger.
- Overtrykk beskytter elektrisk motor og strømtilførsel mot inntrenging av sjøvann.
- Kjøling av elektrisk motor.
- Elektriske isolasjonskontroll.

Oljesirkuleringsystemet består av en oljebeholder, trykkforsterker og statisk lukket krets under trykk. Fortrengingspumpen sirkulerer oljen i den lukkede kretsen. Oljen blir filtrert på utløpssiden av nedstrømmen i oljesirkulasjonspumpen. Videre går oljen gjennom toppbend i oljeinnløp, gjennom sentrerte oljerør i rørsats og ned til pumpehode.

Sirkulerende olje blir kjølt ned av væsken som blir pumpet opp. Etter passering gjennom motoren ned til pumpehodet, renner oppvarmet olje tilbake inn i strømlederne på innsiden av sentrerte oljerør.

Akkumulatoren er inkludert i oljekretsen for å mildne trykkfallet ved temperaturøkning som følge av pumpestarten og nedkjøling av SE pumpa etter stopp. Lukket sirkulasjonssløyfe blir satt under trykk av en liten elektrisk drevet pumpe, som tar drag fra en atmosfærisk tank. Denne pumpen opprettholder det rette trykket i det lukkede systemet, og kompenserer for hver eneste liten lekkasje av olje på den mekaniske tetningen i SE pumpen. I tilfelle feil og vedlikehold i denne elektrisk drevne pumpen, vil akkumulatoren i det lukkede systemet opprettholde statisk trykk i noen dager.

Instrumentering av oljesyklus består av følgende parameter:

- Trykk i lukket sløyfe – alarm og stenging ved tilfeller av lavt/høyt trykk.
- Temperaturmåling av returlinjen fra SE pumpe – alarm og stenging i tilfelle høy temperatur.
- Nivåmåling i atmosfærisk tank – alarm og stenging ved høyt/lavt nivå.
- Magnetisk chip-detektor i returlinjen fra SE pumpe – manuell sjekk.

Central Control System av anlegg vil normalt utføre overvåking og kontroll av SE pumpesystem. Total oljesirkulasjonsenhet inkludert tank, pumper, filtre, akkumulator, ventiler og instrumenter montert på en felles ramme som er installert nærmest til pumpetoppen.

Det er fascinerende å tenke på hvor mange ting er man er nødt til å ta hensyn til i offshore byggebransjen. Det er mange ting av tusenvis forskjellige typer ingeniører som designer systemer og konstruksjoner. Dette som blir beskrevet er et eksempel på det.



Figur 27

På bildet på venstre side er det vist en konteiner som inneholder en rekke vitale deler som trengs for å få brannvannspumpesystem til å fungere.

Konteinerne kommer til AkerSolutions Stord ferdigstilt. Systemet er høyt pålitelig og ferdig testet av leverandør. Konteinerne skal bare settes på plass på plattformdekket og kobler til pumpen, så er det klart til drift. Konteinerne er godt dimensjonerte og er 11200 mm lange, 2600 mm brede og 3908 mm høy. Men i forhold til Gjøl's dimensjoner er den kompakt og bra komplett.

Utstyret som tar mest plass er en generator med en drivmotor. Motoren er en MU 20V4000 levert av Rolls Royce i Bergen, har dimensjon på 3650 mm lengde, 1515 mm bredde og 2050 mm høyde. Det er en V-formet 20 sylindret dieseldrevet motor.

Generatoren er levert av Leroy Somer (Frankrike) og gir kontinuerlig strømforsyning til pumpemotoren og andre deler av systemet. Den gir ca. 6600 V spenning, 2300 kW effekt og har 60 Hz frekvens.

Generatoren har et egen kjølesystem. Det består av en egen kjølekrets med sirkulasjonspumpe og ekspansjonstank. Kretsen er kjølt av platevarmevekslere mot sjøvannet, som er kontra-direkte sjøvannskjøling, og det blir brukt CuNi som gir bedre kjøling og er mer økonomisk.

Annet utstyr:

- Diesel tank som er beregnet til 24 timer bruk.
- Luftkjølesystem ned til 40 °C.
- Oljesirkulasjonssystem.
- Elektrisk kontrollpanel.
-

Dette er ikke en fullstendig liste over utstyr konteineren inneholder, men det mest vesentlige. Alt utstyret har overvåkningssystemer som er plassert i konteineren.

Krefter og løftehøyde

Det blir omtalt en sentrifugalpumpe i denne oppgaven. Hva er sentrifugalkraft og hvordan fungerer den? Hva slags krefter må vi ta hensyn til for å designe en sentrifugalpumpe til et bestemt prosjekt? Hva er kavitasjon, og hva er løftehøyde?

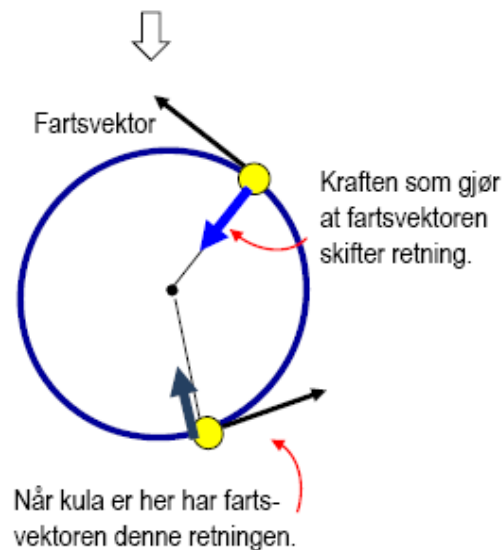
I dette tilfelle er det den nedsenkbare brannvannspumpa på Gjøl Semi plattform. Det skal blir beskrevet nødvendige betegnelser og formler.

Sentrifugalkraft

I denne delen av oppgaven må man se på kreftene som påvirker den nedsenkbare sentrifugalpumpen og er med på å skape sug.

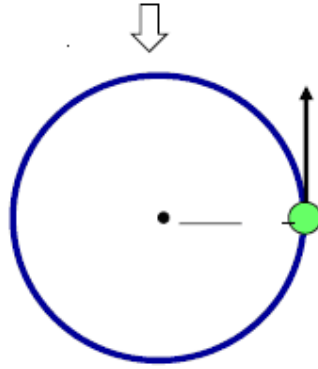
Det er en roterende impeller som får væsken til å bevege seg i sirkel. Man kan se på hva som skjer med væsken og hvilke krefter som påvirker den. Det blir brukt et enkelt eksempel for å forklare sirkelbevegelse.

En kule blir festet i en snor som svinges rund i en sirkel. For at noe skal bevege seg i sirkel må det være en kraft som holder det på plass i sirkelen, i dette tilfelle er det kraften i snora. Fartens retning er til enhver tid vinkelrett på radien i sirkelen, mens fartsvektoren endrer retning hele tiden.



Figur 28

Dersom snora ryker forsvinner snorkraften, og kula fortsetter rett fram i den retningen farten har i øyeblikket.



Figur 29

Kraften som holder noe i sirkelbevegelse kalles sentripetalkraften. Dette kan være forskjellige typer krefter, man må i hvert tilfelle finne ut hvilken kraft som fungerer som sentripetalkraft. I det nevnte tilfelle så er det snorkraften som er sentripetalkraften. Når man for eksempel kjører karusell må man ha en sentripetalkraft til å holde seg fast, eller ha noe til å støtte seg til.

Sentripetalkraften, S , er avhengig av disse størrelsene:

v = kulens hastighet

r = radien i sirkelen

m = massen til legemet

Sammenhengen er gitt med denne formelen:

$$S = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

Det er tydelig fra formelen at vi må ha større sentripetalkraft hvis farten øker og/eller hvis radien i sirkelen blir mindre. Hvis radien halveres, må sentripetalkraften dobles. Hvis farten dobles, trengs en sentripetalkraft som er 4 ganger så stor.

Sentripetal betyr "som er rettet mot sentrum". Det er altså en kraft som virker på et objekt som beveger seg i sirkelbane og er rettet mot sentrum av sirkelen. Men hva er sentrifugalkraft? Sentrifugal betyr "som fjerner seg fra sentrum". Sentrifugalkraft betyr altså en kraft i retning fra sentrum i sirkelen. Når du kjører karusell utfører du en sirkelbevegelse som gjør at du føler at du trekkes utover. Denne følte kraften kalles sentrifugalkraft. Men det er ingen kraft som trekker deg utover. Det du egentlig føler er sentripetalkraften som holder deg på plass i sirkelen. Sentrifugalkraft finnes altså ikke, det er bare en følelse.

Så i det nevnte tilfelle blir væsken akselerert av en impeller og veggene i pumpeholder væsken i sirkelbevegelse ved hjelp av sentripetalkraften. Trykket øker mot væsken i horisontal retning, vi trenger et trykk for kunne løfte sjøvannet opp, så pumpene designes med undertrykk på oversiden av impeller og overtrykk på innsugingssiden. Hvordan dette skal gå til blir nevnt senere i oppgaven.

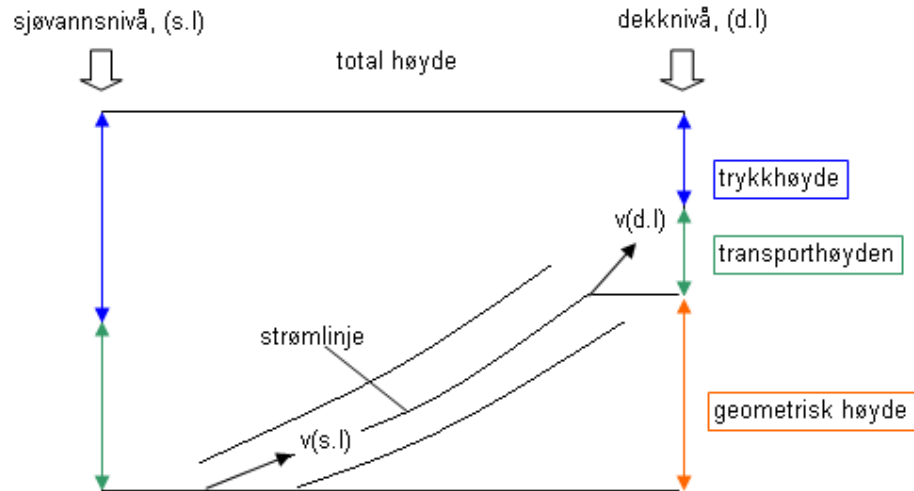
Løftehøyden

Først og fremst så økes energi i væsken. Dette skjer ved at det blir tilført elektrisk energi fra en dieselgenerator til en motor som driver pumpen. Den energien som trenger å bli tilført er differansen mellom væskeenergi på deknivå og sjøoverflaten.

Den tilførte energien må være: $W = W_{d,l} - W_{s,l} + m \cdot g \cdot h$, der:

| |
|-------------------------------------|
| W = tilført energi |
| $W_{d,l}$ = energi ved deknivå |
| $W_{s,l}$ = energi ved sjøoverflate |
| $m \cdot g \cdot h$ = trykktap |

Tar man en rask utledning og anvender Bernoullis ligning, så vill grafen og tabellen nedenfor vise sammensetning av komponenter i tilfellet:



Figur 30

Bernoullis ligning på energi-, høyde- og trykkform gir følgende ledd:

| | Energiform $[Nm]$ | Høydeform $[m]$ | Trykkform $[Pa]$ |
|-----------------|----------------------------|----------------------------|------------------------|
| Hastighetsledd | $m \cdot v^2 / 2$ | $v^2 / 2 \cdot g$ | $\rho \cdot v^2 / 2$ |
| Trykkledd | $m \cdot p / \rho$ | $p / \rho \cdot g$ | p |
| Geometrisk ledd | $m \cdot g \cdot h$ | h | $\rho \cdot g \cdot h$ |
| Total | $m \cdot p_{total} / \rho$ | $p_{total} / \rho \cdot g$ | p_{total} |

Tabell 1

Formlene for energi ved dekknivå og sjøoverflate:

$$W_{s,l} = m \cdot g \cdot h_{s,l} + \frac{m \cdot p_{s,l}}{\rho} + \frac{m \cdot v_{s,l}^2}{2}$$

$$W_{d,l} = m \cdot g \cdot h_{d,l} + \frac{m \cdot p_{d,l}}{\rho} + \frac{m \cdot v_{d,l}^2}{2}$$

Der:

| | |
|---------------------|--|
| $h_{s,l}$ | = høyde ved sjøoverflaten |
| $h_{d,l}$ | = høyde ved dekknivå |
| $p_{s,l}$ | = trykk ved sjøoverflaten |
| $p_{d,l}$ | = trykk ved dekknivå (avlastningstrykk) |
| $v_{s,l}$ | = hastigheten til væsken ved sjøoverflaten |
| $v_{d,l}$ | = hastigheten til væsken ved dekknivå |
| ρ | = væskens tetthet |
| m | = massen |
| $m \cdot g \cdot h$ | = energitap pga. friksjon |

Formlene blir satt inn for å finne energiløftet som det er behov for:

$$W = \left(m \cdot g \cdot h_{d,l} + \frac{m \cdot p_{d,l}}{\rho} + \frac{m \cdot v_{d,l}^2}{2} \right) - \left(m \cdot g \cdot h_{s,l} + \frac{m \cdot p_{s,l}}{\rho} + \frac{m \cdot v_{s,l}^2}{2} \right) + m \cdot g \cdot h_t$$

Setter m og g utenfor parentes:

$$W = m \cdot \left[\left(g \cdot (h_{d,l} - h_{s,l} + h_t) \right) + \frac{p_{d,l}}{\rho} - \frac{p_{s,l}}{\rho} + \frac{v_{d,l}^2}{2} - \frac{v_{s,l}^2}{2} \right]$$

Deler med m og g på begge sider og innfører begrepet løftehøyden H :

$$\frac{W}{m \cdot g} = h_{d,l} - h_{s,l} + h_t + \frac{p_{d,l} - p_{s,l}}{\rho \cdot g} + \frac{v_{d,l}^2 - v_{s,l}^2}{2 \cdot g}$$

$$H = \frac{W}{m \cdot g}$$

Begrepet geodetisk høyde blir innført, der den geodetiske høyden er lik den fysiske høydeforskjellen, $H_g = h_{d,l} - h_{s,l}$.

I dette tilfellet er $v_{s,l}$ lik 0, den kan neglisjeres, da blir ligningen for løftehøyden:

$$H = H_g + \frac{p_{d,l} - p_{s,l}}{\rho \cdot g} + \frac{v_{d,l}^2}{2 \cdot g} + h_t$$

Her er en formel som viser pumpens evne til å øke energien i en væske, uttrykt i meter. På engelsk brukes uttrykket "head" som blir brukt videre.

Nå skal vi se videre hva andre verdier vi trenger å ta hensyn til og hvordan de blir påvirket av de tidligere nevnte verdiene.

NPSH

NPSH er et av hovedbegrepene innefor pumpedesign og dimensjonering. NPSH blir brukt til prosjektering av pumpearrangement:

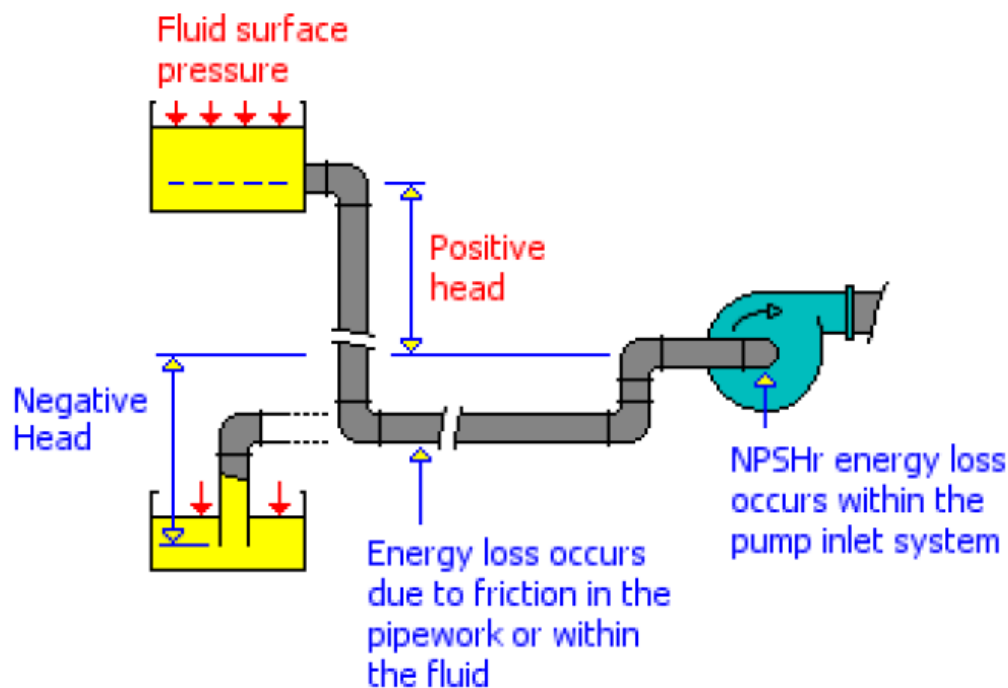
Net Positive Suction Head er en betegnelse som blir brukt til å beskrive det absolutte trykket i en væske ved innløpet av en pumpe minus damptrykket til væsken. Dette blir kalt for Net Positive Suction Head available. Denne blir vanligvis forkortet med akronymet NPSHa, der *a* står for available.

En liknende betegnelse er brukt av pumpefabrikanter til å beskrive energitapet som forekommer innvendig i pumper der væskestrømmen får mulighet til å utvide seg inni skroget til pumpen. Dette energitapet blir uttrykt som løftehøyde eller transporthøyde, og beskrevet som NPSHr (Net Positive Suction Head requirement), der *r* står for requirement.

Forskellige pumper vil ha forskjellige NPSH-krav, avhengig av diameteren på impellerene, impellerdesign, type innløp, strømningsrate, pumpehastigheten og andre faktorer. Ytelsesdiagram til en pumpe inkluderer vanligvis grafikk til NPSH-krav, slik at NPSHr for driftsforholdene kan fastslås. Denne er uttrykt i meter.

Trykk ved pumpeinnløp

For å beregne NPSH trenger man væsketrykk ved innløpet til pumpa. Væsketrykket ved pumpas innløp blir bestemt av tre ting; trykket ved væskeoverflaten, friksjonstap i rør og alle stigninger og fall i rørsystemet.



Figur 31

Beregning av NPSHa

Elementene som brukes til å beregne NPSHa er alle uttrykt i meter. NPSHa er beregnet fra:

Væsketrykk på overflaten + positiv løftehøyde – friksjonstap i rør – damptrykk til væsken
eller

Væsketrykk på overflaten – negativ løftehøyde – friksjonstap i rør – damptrykk til væsken

NPSHa defineres som differansen mellom sugetrykk i meter:

$$\text{NPSHa} = \frac{p_s}{\rho \cdot g} - \frac{p_v}{\rho \cdot g}$$

$$\text{NPSHa} = \frac{p_s - p_v}{\rho \cdot g}$$

Sugehøyde er tidligere definert til å være:

$$p_s = p_0 - \rho \cdot g \cdot H_s - \frac{\rho \cdot v_s^2}{2} - \rho \cdot g \cdot h_t$$

Ved beregninger av NPSHa i forbindelse med sentrifugalpumper er bidraget fra $\frac{\rho \cdot v_s^2}{2}$ veldig lite, og dette leddet blir derfor utelatt.

Uttrykket blir satt inn i NPSHa og gir:

$$\text{NPSHa} = \frac{p_0 - \rho \cdot g \cdot H_s - \rho \cdot g \cdot h_t - p_v}{\rho \cdot g} = \frac{p_0 - p_v}{\rho \cdot g} - H_s - h_t$$

Eller med trykktapet direkte:

$$\text{NPSHa} = \frac{p_0 - p_v - p_t}{\rho \cdot g} - H_s$$

Hvis man antar følgende:

$$\rho = SG \cdot 1000 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$H_s = H_{sv} - H_p$$

$$g = 9,81 \text{ m} / \text{s}^2, \frac{1}{g} = 0,102 \text{ s}^2 / \text{m}$$

$$1 \text{ kPa} = 1000 \text{ Pa}$$

Så kan formelen for NPSHa skrives på følgende måte:

$$\text{NPSHa} = \frac{(p_0 - p_v - p_t) \cdot 0,102}{SG} - H_{sv} - H_p$$

Hvor:

$$p_0 = \text{separatortrykk} [\text{kPa abs}]$$

$$p_v = \text{damptrykk} [\text{kPa abs}]$$

$$p_t = \text{friksjonstap} [\text{kPa}]$$

$$H_{sv} = \text{elevasjon av væskeoverflaten} [\text{m}]$$

$$H_p = \text{elevasjon av pumpen (sugesiden)} [\text{m}]$$

$$SG = \text{væskens relative tetthet i forhold til vann}$$

Kavitasjon

Benevnelsen kavitasjon kommer fra det latinske ordet "cavitas" = tomhet, eller dannelse av dampblærer. Kavitasjon er væskens faseovergang fra væske til gass når væskens omliggende trykk senkes til under damptrykket. I det område hvor dette skjer vil det danne seg små dampblærer (kaviteter = hulrom) i vannet. Hvis trykket øker igjen vil disse dampblærene bli dannet til væske igjen, og man får en implosjon. Blæredannelse + implosjon = kavitasjon.

Damptrykk beregnes slik:

$$p_s = p_0 - \rho \cdot g \cdot H_s - \frac{\rho \cdot v_s^2}{2} - \rho \cdot g \cdot h_t$$

Dersom noen av de 3 siste leddene blir store nok, kan sugetrykket bli lavere enn damptrykket og væsken vil koke. Damptrykket avhenger av væsketemperaturen, slik at den maksimale sugehøyden en pumpe kan oppnå avhenger av barometertrykk, væskehastighet og væsketemperatur.

Kavitasjon i pumpen skjer når den forsøker å levere ut mer vann enn det som kommer inn i pumpen, det vil si at det blir undertrykk på innsugingssiden. Når dette oppstår angripes metallet inne i pumpen og impellerene blir skadet. Godset spises opp, små metall biter løsner og forsvinner. Det kan se ut som om noen har slått med en spiss hammer.



Figur 32

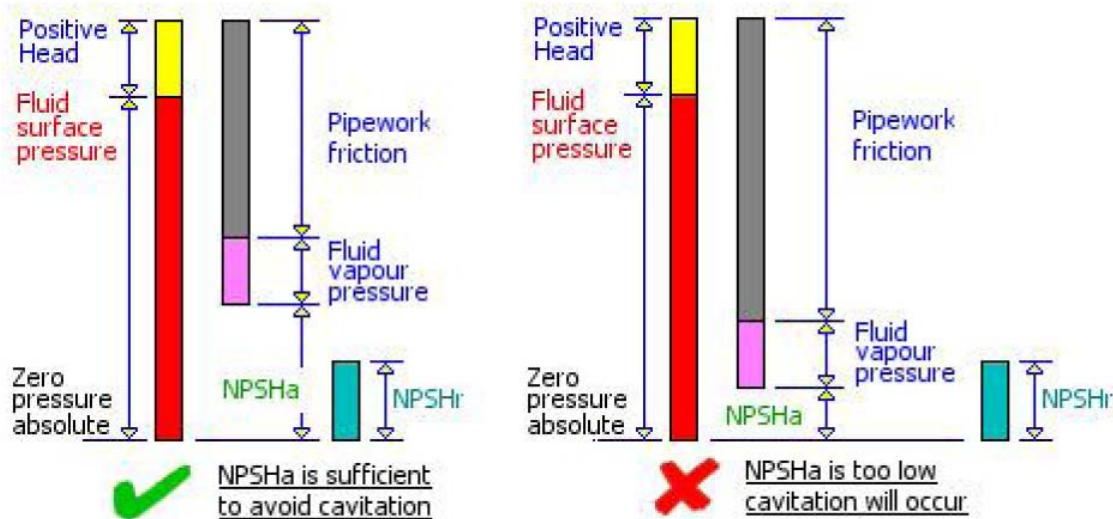
Brannvannspumper er svært kritisk utstyr, og kavitasjon er uakseptabelt. Man må være helt sikker på at dette ikke vil skje og at utstyret ikke blir skadet. For å kunne unngå dette beregnes NPSH.

Hvis væsken som inneholder bobler får sjansen til å renne gjennom pumpa, vil væsken øke trykket og boblene kollapse idet den passerer impellerene. Dette skjer i pumpa og reduserer strømmen, og mindre væske blir levert. Det at boblene kolliderer forårsaker en vibrasjon som skader rotoren til pumpa og etser på impellerene. Dette er kavitasjon. For å unngå kavitasjon må væsketrykket kontinuerlig være høyere enn væskens damptrykk.

Hindring av kavitasjon

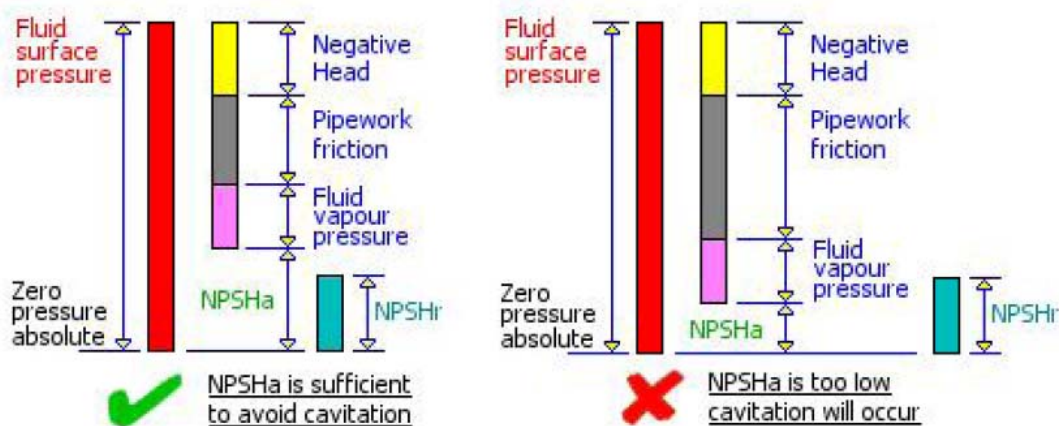
I systemer hvor røroppsettet gir positiv løftehøyde, er drivkraften for å flytte væsken til pumpen lik trykket på overflaten pluss positiv løftehøyde. Feildimensjonering av innløpsrør og stengeventiler kan resultere i høyt friksjonstap, hvilke igjen kan føre til situasjoner hvor NPSHa blir for liten for å hindre kavitasjon.

Forståelse av NPSHa og NPSHr:



Figur 33

I noen systemer trenger væsken å bli løftet opp til pumpeinnløpet. Negativ løftehøyde reduserer drivkraften som løfter væsken opp til pumpen. I disse tilfellene er stort nok diameter til rør og stengeventil avgjørende for at friksjonstapet ikke reduserer NPSHa til under NPSHr.



Figur 34

Sammenligning av NPSHr og NPSHa

Det er viktig at det blir brukt samme enheter for alle bergninger. Hvis NPSHa er større enn NPSHr vil ikke kavitasjon forekomme. Hvis NPSHa er lavere enn NPSHr vil gass boblene forme seg og kavitasjon vil inntreffe. For å unngå kavitasjon må NPSHa være større enn NPSHr + en margin.

Drifts forhold på Gjøa for brannvannspumper:

$$\rho = 1,027(SG) \cdot 1000 \frac{kg}{m^3} = 1027 \frac{kg}{m^3}$$

$$p_{s,l} = 101325 Pa = 1 bar$$

$$p_{d,l} = 13,5 bar$$

$$H_{min} = 109 m$$

Se vedlegg 1, dokument nr. C097-AOC-R-DS-4004.

I samsvar med NFPA 20 skal gyldig løftehøyde fra vannoverflaten være basert på strøm ved 150 % av brannpumpens klassifisert kapasitet. Denne løftehøyden skal være slik den blir indikert under strømtesten.

Grafikk for den valgte pumpen, se vedlegg 2.

Del 3

Installasjonspakken skal inneholde nødvendig dokumentasjon for å løfte, transportere og sette på plass utstyr. Den skal inneholde en kort beskrivelse av operasjonen/installasjonen, og elementer som man må ta spesielt hensyn til som håndtering, bolteforbindelser, sveisedetaljer og preserving, der dette er nødvendig. Den skal også inneholde nødvendige tegninger som viser for eksempel hoveddimensjoner, vekt og plassering av løfteører.

Vi har laget en fullstendig installasjonspakke for monteringen av en av brannpumpene på Gjøa. Den skal inneholde:

- Installasjonsmetode (Installasjonsrekkefølge).
- Beregning av løftearrangement.
- Nødvendig tegningsgrunnlag for plassering og montering om bord på plattformen.
- Timeestimat for produksjon for installasjon og montering.
- Materialliste.

Den endelige pakken, som også blir levert ut i produksjonen, inneholder:

- Sjekkliste og timeestimatet.
- Notat med blant annet beskrivelse av installasjonen.
- Dokumentliste.
- Nødvendige utdrag fra dokumentene, som er nødvendige tegninger, installasjonsbeskrivelser og sertifikat.
- Materialer.

Installasjonspakke, se vedlegg 3.

Referanser

Bøker

- * Knut Brautaset, *Innføring i oljehydraulikk*, Universitetsforlaget 1983

Dokumenter og program

- * Gjøa dokumenter på intranett hos AkerSolutions
 - o MIPS (Material Integrated Production System)
 - o ProArc
 - o PDMS (Plant Design Management System)
- * Dokumenter fra Frank Mohn Flatøy AS
- * Dokumenter fra Fronter (HSH)

Standarder

- * NFPA 20
- * NORSOK R-001 Mechanical Equipment
- * NORSOK S-001 Technical Safety

Internett

- * <http://www.google.no/>
- * <http://www.clydepumps.com/>
 - o <http://www.clydepumps.com/ulectriglide>
- * <http://www.sulzerpumps.com/desktopdefault.aspx>
 - o http://www.sulzerpumps.com/desktopdefault.aspx/tabid-365/536_read-12202/
- * <http://www.sdworldwide.com/>
 - o <http://www.sdworldwide.com/firewater.html>
- * <http://www.hamworthy.com/index/index.asp>
 - o http://www.hamworthy.com/products/products.asp?strAreaNo=27_5&inteleme nt=120
- * <http://www.fire-and-water.com/>
- * <http://www.haywardtyler.com/>
 - o http://www.haywardtyler.com/?page_id=59&link_id=3
- * <http://www.bjorge.no/>
 - o http://www.bjorge.no/modules/module_123/proxy.asp?D=2&C=276&I=2016 &mid=583&sid=318
- * <http://www.dynapumps.com.au/index.html>
 - o <http://www.dynapumps.com.au/pressure-pumps/fire-as2941&fpa20.htm>
- * <http://www.peerlessfirepump.com/index.html>
 - o <http://www.peerlessfirepump.com/fire-water-pumps-brochures.htm>
- * <http://no.wikipedia.org/wiki/Pumpe>

Vedlegg 1

| | | | | | |
|-------------------------|--|--|--|--|--|
| NORSOK R-001 | | CENTRIFUGAL PUMP DATA SHEET | | RDS-001 Rev. 1, Dec. 1994 Page 2 of 6 | |
|-------------------------|--|--|--|--|--|

| | | |
|-----------------------------|--|----------------|
| Package No. C097 | Doc. No. C097-AOC-R-DS-4004 | Rev. 04 |
|-----------------------------|--|----------------|

| | | |
|-------------------------------|-----------------|-------------------------|
| Tag No. 71PA101/102/201/202 | Location/Module | GJØA / Q30S/Q30N |
| Unit | No. req'd | 4 |
| Service FIRE WATER PUMPS | Inquiry No. | na |
| Size & Ty SUBMERGED ELECTRIC | Quote No. | na |
| Supplier FRANK MOHN FLATØY AS | P.O. No. | C097-AKG-B-PA-ER257-100 |
| Manufac FRANK MOHN FLATØY AS | Job No. | na |
| Model SE 400/610 | Serial No. | P200891/-92/-93/-94 |

| | | |
|--|--|----------------------------|
| 1 | Motor provided by | Loher/Frank Mohn Flatøy AS |
| 2 | Motor mounted by | Frank Mohn Flatøy AS |
| 3 | No. of turbines requir | NA |
| 4 | Turbine item no. | NA |
| 5 No. of stages 1 | Turbine provided by | NA |
| 6 No. of motors required 1 | Turbine mounted by | NA |
| 7 Motor item no. 2015026104 | Remarks: | |
| 8 Notes: O indicates information to be completed by Purchaser. | <input type="checkbox"/> indicates information to be completed by Manufacturer | |
| 9 | | |

| | | | |
|---|---|--|-----------------------------------|
| 10 OPERATING CONDITIONS (to be completed by purchaser) | | | |
| 11 Liquid Sea water | NPSH available (m): | | |
| 12 Pumping temperature (°C) PT | Rated | 29 | Maximum Minimum |
| 13 Norm Maximum Minimum | Capacity @ PT (m3/h): | | |
| 14 Specific gravity @ PT 1027 | Rated 2) | 3730 | Maximum 559 Minimum 170 |
| 15 Vapor pressure @ PT (bar) 84,5 | Discharge pressure (bar g): Note 1 | | |
| 16 Viscosity @ PT 1,4 | Rated | 13,5 | Maximum 17,9 Minimum 7,5 |
| 17 cP | Differential pressure (bar) | | |
| 18 Site temperature (°C): | Rated | 16,6 | Maximum 21 Minimum 11 |
| 19 Norm Maximum Minimum | Differential head (m): | | |
| # Electrical area hazard: ZONE 2 | Rated | 165 | Maximum 209 Minimum 109 |
| 21 Zone Temp. class | Hyd. power (kW) Rated | Max. | Min. |
| # Unusual conditions | Location Indoor | <input type="checkbox"/> With Roof | <input type="checkbox"/> Heated |
| # | <input checked="" type="checkbox"/> Outdoor | <input checked="" type="checkbox"/> Without Ro | <input type="checkbox"/> Unheated |
| # Corrosion/erosion caused by | Remark: | | |
| # | | | |

| | | | |
|--|-------------------------------------|--|--|
| # PERFORMANCE (to be completed by manufacturer) | | | |
| # Proposal curve No. C097-AOC-R-CA-4005 | Minimum continuous flow (m3/h) 1700 | | |
| # Speed (rpm) 1774 | Thermal Stable | | |
| # NPSH required (m MLC) 15,5 3) | Driver rating (kW) 2451 | | |
| # 3 % Head drop at rated flow 5 | Shaft thrust (kN) Max: na | | |
| 31 Rated power (kW) 2195 | | | |
| # Maximum kW with rated imp. 2451 | Rotation (viewed from motor end) w/ | | |
| # Maximum head with rated impeller 204 | Suction specific speed 11290 | | |
| # Max. continuous flow m3/h 5595 | Efficiency (%) at rated flow 82 | | |

| | |
|-----------------|---|
| # NOTES: | |
| # | 1. Discharge pressure at deck level. EL 50.500. |
| # | 2. Including 80m3/h cooling water for F.W. module |
| # | 3. NPSHr given at impeller inlet. Strainer loss included. |
| # | |
| # | |
| 41 | |



PUMP PERFORMANCE CURVES

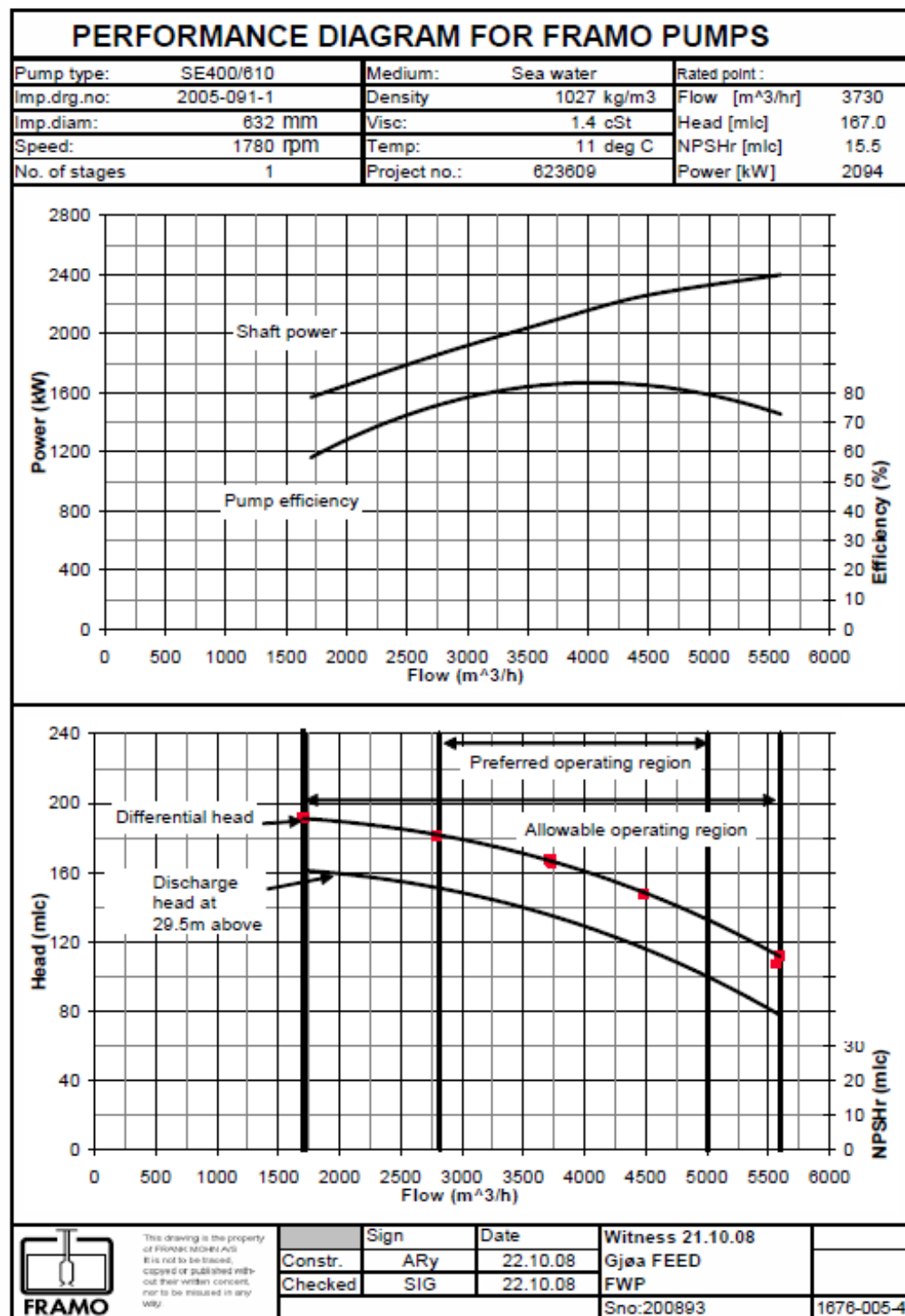
Doc.no.: 1676-005-4

Page: 4 of 5

Date: 23.03.07

Rev.:C Sign.: TLo

TAG NO. 71PA201



Vedlegg 3